



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**“Presurización de escaleras como vía de evacuación en
incendios de edificios comerciales”**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

Modalidad M3

AUTOR

Fedor YANGALI MUÑOZ

Lima, Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS POR LA MODALIDAD M3, SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 19:00 horas del día martes 24 de julio de 2018 en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del MSc. Ing. WILSON EMILIO ALVARADO TORRES y con la asistencia del Mg. Ing. HENRY MANUEL PALA REYES y de la Ing. MARIA DEL PILAR CHÁVEZ LIZAMA, miembros del Jurado Examinador de Monografía Técnica, de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de titulación profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica en la que el Bachiller FEDOR YANGALI MUÑOZ puso a consideración del Jurado Examinador su trabajo de Monografía Técnica como parte de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M3, Suficiencia Profesional.

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente e invitó al Bachiller FEDOR YANGALI MUÑOZ, a realizar la exposición de su trabajo titulado "PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS COMO VÍA DE EVACUACIÓN EN INCENDIOS DE EDIFICIOS COMERCIALES" durante un tiempo de 30 minutos.

Concluida la exposición del candidato, y luego de las preguntas de rigor de parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación correspondiente. Se procedió a promediar la nota final obtenida en los cursos del Ciclo de Actualización Profesional (CAP), y el resultado se promedió a su vez con la nota de sustentación de la monografía para hallar el promedio final.

Al término de la deliberación del jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida, la misma que fue:

Diecisiete 17.00

El Presidente del Jurado Examinador, MSc. Ing. WILSON EMILIO ALVARADO TORRES, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller FEDOR YANGALI MUÑOZ Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 20:00 horas del mismo día, se levantó la sesión.

MSc. Ing. WILSON EMILIO ALVARADO TORRES
Presidente de Jurado Examinador

Mg. Ing. HENRY MANUEL PALA REYES
Miembro de Jurado Examinador

Ing. MARIA DEL PILAR CHÁVEZ LIZAMA
Miembro de Jurado Examinador

Resumen

Los sistemas de control de humos y fuego son instalaciones que sirven para poner en resguardo a las personas ante un incendio en las edificaciones, uno de los sistemas de control de humos y fuego es la presurización de escaleras, este sistema actúa inyectando aire a la montante de la escalera para tener una sobrepresión comparada con el interior del edificio; evitando el ingreso de humos y fuego a esta vía de evacuación, esta sobrepresión es calculada para evitar inconvenientes en la apertura de las puertas durante la evacuación del edificio. Los sistemas de presurización de escaleras fueron probados en experimentos realizados como es el caso del Hotel Plaza de Washington en 1989, validando su funcionalidad en condiciones reales. La metodología de cálculo de estos sistemas están normados y estandarizados por entidades de prestigio como la ASHRAE y el NFPA, los cálculos para el diseño de sistemas de control de humo y fuego deben ser realizados por ingenieros experimentados en este tipo de sistemas, un mal cálculo pondrá en riesgo la integridad de las personas que se encuentran en el edificio durante la emergencia; Los cálculos de este sistema inician con la estimación del caudal de ingreso de aire a la montante de la escalera que es una sumatoria de los caudales calculados para los casos cuando se tiene todas las puertas de emergencia cerradas, algunas puertas de emergencia abiertas hacia el edificio y la puerta abierta hacia el exterior; en el cálculo de la caída de presión del conducto de transporte de aire para la selección del ventilador se calcula teniendo en cuenta la presión de la montante de la escalera; para el funcionamiento adecuado del sistema de presurización de escaleras se instala un compresor barométrico con características calculados para mantener el caudal de aire y presión en rangos de diseño.

Palabras clave: Caudal, Conductos, Escaleras, Humos, Presurización.

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Introducción e Información General	2
1.1. Generalidades	2
1.2. Objetivos de la Monografía.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Limitaciones del Tema.....	4
Capítulo 2. Fundamentos Teóricos	5
2.1. Ecuación General de la Conservación de Energía.....	5
2.2. Cálculo de Pérdidas en Conductos	7
2.2.1. Cálculo de Pérdidas en Accesorios de Conexión de Conductos	13
2.2.2. Velocidades Recomendadas en Conductos de Ventilación y Climatización	16
2.2.3. Ductos no Circulares.....	17
2.2.4. Método de Cálculo de Dimensiones de Conductos	18
2.3. Selección de ventilador	19
2.3.1. Ventiladores Axiales.....	21
2.3.2. Ventiladores Centrífugos	22
2.4. Área Efectiva de Flujo de Humos	26
2.5. Cálculo de Fuerza de Apertura de Puertas en Escaleras Presurizadas	32
2.6. Cálculo de Caudal de Aire del Sistema de Presurización de Escaleras.....	34
2.6.1. Cálculo de Caudal de Aire con Puertas Cerradas en la Montante de la Escalera.....	39

2.6.2. Calculo de Caudal de Aire con Puertas Abiertas en la Montante de la Escalera.....	41
2.6.3. Calculo de Caudal de Aire con Puerta Abierta al Exterior del Edificio	43
2.7. Calculo de Características del Dómpo Barométrico.....	44
2.8. Normativa Nacional.....	46
2.8.1. Consideraciones de Diseño Mecánico: Norma A 130, Sub-Capítulo IV - Requisitos de los Sistemas de Presurización de Escaleras	46
2.8.2. Consideraciones de Diseño Arquitectónico: Norma A 010, Capítulo VI - Circulación Vertical, Aberturas al Exterior, Vano y Puertas de Evacuación.....	49
Capítulo 3. Desarrollo del Tema.....	51
3.1. Condiciones Iniciales.....	51
3.2. Datos Iniciales.....	51
3.2.1. Calculo de la Presión Máxima de Diseño	53
3.2.2. Calculo de la Diferencia de Presión a la Altura del Techo de la Montante de la Escalera	54
3.3. Calculo de Caudal de Aire del sistema de Presurización de Escaleras	57
3.3.1. Calculo de Caudal de Aire con Puertas Cerradas en la Montante de la Escalera.....	57
3.3.2. Calculo de Caudal de Aire con Puertas Abiertas en la Montante de la Escalera.....	58
3.3.3. Calculo de Caudal de Aire con Puerta Abierta al Exterior del Edificio	59
3.3.4. Calculo de Caudal Suministrado a la Montante de la Escalera.....	60
3.4. Calculo de Características del Dómpo Barométrico.....	61
3.5. Calculo de Dimensiones de Conductos	62
3.5.1. Selección de Rejillas de Inyección de Aire.....	69

3.6. Cálculo de Pérdidas en Conductos	70
3.7. Selección del Equipo de Ventilación.....	77
Capítulo 4. Resultados y discusión	80
4.1. Discusión de Resultados	81
4.2. Conclusiones	82
4.3. Recomendaciones	83
Referencias	84
Anexos.....	87

Lista de tablas

Tabla 1 Factor de Rugosidad de Ductos.....	11
Tabla 2 Coeficiente de Perdida en Codos Rectos.	14
Tabla 3 Coeficiente de Perdida en Reducciones de Conductos.....	14
Tabla 4 Coeficiente de Perdida en descargas de Ventiladores Centrífugos a Conductos.	15
Tabla 5 Pérdidas de Presión en filtros Sintéticos de gama media.	15
Tabla 6 Velocidades Sugeridas en Conductos de Aire a Baja Velocidad.	16
Tabla 7 Áreas Típicas de Fuga de Paredes y Pisos de Edificios Comerciales.	32
Tabla 8 Diferencias de presión de diseño mínimas a través de barreras de humo.	37
Tabla 9 Resumen de Cálculos de Dimensiones, Velocidades y Caudales de Conductos.	69
Tabla 10 Resumen de Pérdidas de Altura en el Ramal más crítico del sistema.	75
Tabla 11 Características de Ventilador Seleccionado del sistema de presurización de escaleras.	79

Lista de figuras

Figura 1. Sistema de conductos de transporte de aire.	5
Figura 2. Abaco de Moody.	10
Figura 3, Curvas características de ventilador. Modelo 365 CF (Loren Cook Company, 2018).	20
Figura 4, Curvas características de ventilador Axial.	22
Figura 5, Tipos de ventiladores de flujo Axial.	22
Figura 6, Tipos de aletas de ventiladores centrífugos.	23
Figura 7, Curvas características de ventilador centrífugo de Alabes Curvados Hacia Adelante.	24
Figura 8, Curvas características de ventilador centrífugo de Alabes Curvados Hacia Atrás.	25
Figura 9, Curvas características de ventilador centrífugo de Alabes Radiales.	26
Figura 10. Aperturas en paralelo en edificaciones.	27
Figura 11. Aperturas en serie en edificaciones.	27
Figura 12. Aperturas en serie y en paralelo en edificaciones.	28
Figura 13. Fuerzas que actúan en una puerta de emergencia.	33
Figura 14. Instalación mecánica del sistema de presurización de escaleras.	44
Figura 15, Piso típico del edificio.	53
Figura 16, Conductos de Aire del sistema de presurización de escaleras.	64
Figura 17, Curvas características de ventilador seleccionado. Modelo USF-449-BI (Greenheck Fan Corporation, 2018).	79

Capítulo 1. Introducción e Información General

1.1. Generalidades

En las edificaciones actuales a nivel mundial se está tomando mayor énfasis en la protección humana y el cuidado al medio ambiente. El presente trabajo está enmarcado en el cuidado y la protección humana, en esta monografía se estudia un sistema de control de humos y fuego para evacuación humana mediante la sobre presión de la vía de evacuación durante la emergencia. En este trabajo al mencionar control de humos también abarca el ciclo de control de fuego.

El presente trabajo está enmarcado solo en ciclos fluido dinámicos necesarios para el diseño de un sistema de presurización de escalera para el control de humos y fuego. Los ciclos del sistema se inician con la estimación del caudal de aire a inyectarse a la montante de la escalera; la sumatoria de los caudales calculados para los casos cuando se tiene todas las puertas de emergencia cerradas, algunas puertas de emergencia abiertas hacia el edificio y la puerta abierta hacia el exterior es el máximo caudal de aire a inyectarse para garantizar la presión en la montante de la escalera en todos los posibles casos de fuga de aire; la presión que debe vencer el ventilador seleccionado es la suma de la caída de presión del conducto de aire y la presión interna de la escalera; para garantizar la presión que impida el ingreso de humos y a su vez facilite la apertura de puertas en emergencias se instala un diferencial barométrico calibrado con las presiones de trabajo calculados y un variador de frecuencias seleccionado de acuerdo al consumo eléctrico del ventilador que controle la inyección de aire durante la emergencia.

La normativa nacional indica que los edificios comerciales deben de tener este tipo de sistemas para la evacuación durante la emergencia. Internacionalmente se cuenta con estándares publicadas por el NFPA (por sus siglas en inglés de la Asociación Nacional de

Protección contra el Fuego de Estados Unidos) y de la ASHRAE (por sus siglas en inglés de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado de Estados Unidos) que deben de cumplirse para garantizar el diseño correcto de estos tipos de sistemas. El objetivo primordial de este trabajo es el cálculo de un sistema de presurización de escalera para edificios comerciales cumpliendo la Normativa Nacional y los estándares internacionales, los cálculos expuestos en este trabajo pueden ser usados para diseñar cualquier sistema de presurización de escaleras de cualquier edificio comercial.

Para la puesta en marcha y entrega del sistema de presurización de escaleras a los usuarios finales los mínimos parámetros a ser revisado son: la fuerza de apertura de las puertas, la diferencia de presión entre la montante de la escalera y el exterior, los parámetros eléctricos del motor del ventilador de acuerdo a la placa del fabricante.

1.2. Objetivos de la Monografía

1.2.1. Objetivo General

Realizar el cálculo de un sistema de presurización de escalera para edificios comerciales como medio de control de humos y fuego para protección humana enmarcado en la normativa local y estándares internacionales.

1.2.2. Objetivos Específicos

A continuación se enumera los objetivos específicos de este trabajo monográfico, todos los cuales enmarcados en el sistema de presurización de escaleras para edificios comerciales:

¿ Cálculo de la presión máxima entre la montante de la escalera y el edificio que garantice la apertura de la puerta, la fuerza máxima aplicada a la puerta es de 30 lbf (133.25N) según lo indicado en la normativa nacional.

- ¿ Cálculo de caudal de aire necesario para presurizar una montante de escalera para evitar el ingreso de humos y fuego en un sistema de presurización de escalera.
- ¿ Cálculo de dimensiones de conductos de plancha galvanizada para transporte de aire para sistemas de presurización de escaleras.
- ¿ Selección del equipo de ventilación para el sistema de presurización de escalera.
- ¿ Dimensionamiento de Dampers Barométricos para alivio de presión del sistema de presurización de escalera.

1.3. Limitaciones del Tema

En los sistemas de protección humana como es el control de humos existen varios métodos, en el presente escrito solo tocaremos el sistema de presurización de escaleras como vía de evacuación ante un incendio, la normativa local delimita aún más estos sistemas solo para edificios comerciales, eso no significa que este tipo de sistemas no pueda funcionar en edificios residenciales. Así mismo la normativa local sugiere su uso a partir del tercer o cuarto piso según el uso que se dé al edificio comercial.

En el presente trabajo no se considera los componentes eléctricos del sistema, como la selección y dimensionamiento del conductor eléctrico, las llaves termo-magnéticas, tuberías eléctricas, conductos eléctricos, variador de frecuencia, sensores de fuego y humo, sensores diferenciales de presión, tableros de transferencia eléctrica, entre otros.

La normativa nacional indica el uso de una base para el equipo de ventilación del sistema de presurización de escalera, no se presentará los cálculos que se requieren para su dimensionamiento ni selección de los paquetes antibibratorios y antisísmico.

El cálculo de la soportancia que se requiere para la sugestión de conductos tampoco será tratado en este trabajo.

Capítulo 2. Fundamentos Teóricos

2.1. Ecuación General de la Conservación de Energía

La primera ley de la termodinámica es un principio ampliamente usado en los sistemas de climatización y ventilación, esta ley puede ser enunciado como el cambio de la energía total del sistema es igual a la energía adicionada menos la energía eliminada del sistema; esta ley se resume en la ecuación (1) de acuerdo a la figura 1 (Pita, 2000).

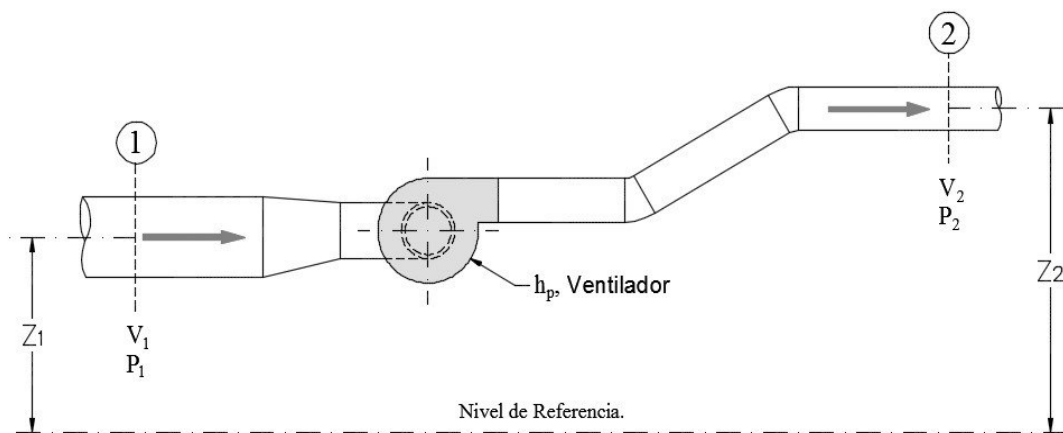


Figura 1. Sistema de conductos de transporte de aire.

$$E_2 - E_1 = h_p + E_{ad} - E_{per}$$

(1)

Donde:

E_1 Energía Almacenada en el Punto de Referencia.

h_p Energía Agregada al Fluido entre los puntos de Referencia.

E_{per} Energía Perdida del Fluido entre los puntos de Referencia.

En los sistemas de ventilación y climatización la densidad del aire que fluye en los conductos no varía significativamente por lo tanto se considera como flujo incompresible y estacionario, los cambios de temperatura en el fluido transportado son despreciables (Pita, 2000).

La ecuación de energía de flujo o la ecuación generalizada de Bernoulli es usada habitualmente para realizar cálculos de presión en los ventiladores y el balanceo del sistemas de ventilación y climatización, de acuerdo a la ecuación (2) y la figura 1 (Pita, 2000).

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 + \sum h_{f1} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2 + \sum h_{f2} + \sum h_{c1} + \sum h_{c2} \quad (2)$$

Donde:

P_1 Presión Absoluta en el Punto de Referencia, Pa.

V_1 Velocidad Promedio en el Punto de Referencia, m/s.

Z_1 Altura del Punto de Referencia, m.

C_f Coeficiente de Coriolis.

h_{f1} Perdida por Fricción, m.

h_{c1} Perdida en Conexiones, m.

h_{c2} Ganancia de Altura por el Ventilador, m.

g Gravedad, 9.807 m/s².

En los sistemas a pequeña escala como son los conductos, las cañerías o corrientes aerodinámicas los efectos de la aceleración de Coriolis se puede despreciar (White, 1998).

Al considerar el fluido incompresible y estacionario en los sistemas de climatización y ventilación el principio de la conservación de masa o continuidad se puede enunciar de acuerdo a la ecuación (3) y la Figura 1.

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 = Q \quad (3)$$

V_1 Velocidad Promedio en el Punto de Referencia, m/s.

A_1 Área de la Sección Transversal en Punto de Referencia, m².

Q Caudal del sistema, m³/s

2.2. Cálculo de Pérdidas en Conductos

En los sistemas de transporte de fluidos se presenta una continua pérdida de energía, presión o pérdida de carga por rozamiento, uno de los métodos de estimación de estas pérdidas está dado por la ecuación propuesta por Darcy-Weisbach (4).

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

Donde:

h_f Pérdida por fricción, m.

f Factor de Fricción.

L Longitud, m.

D Diámetro del conducto, m.

V Velocidad Promedio, m/s.

g Gravedad, 9.807 m/s².

El factor de fricción f es calculado de acuerdo a las condiciones de flujo, estas pueden ser flujo laminar o turbulento. Para cálculos prácticos el flujo laminar está comprendida para Números de Reynolds menores a 2300, numerosos experimentos indican que por debajo de este valor solo puede existir flujo laminar. Para Números de Reynolds mayores a 4000 se considera flujo turbulento: Para la zona comprendida entre los números Reynolds 2300 y 4000 se denominada crítica, en esta zona no se puede calcular el factor de fricción, debido a que el flujo cambia rápidamente ante cualquier perturbación; los flujos laminar y turbulento tienen suficiente amortiguamiento para eliminar los efectos de cualquier perturbación local (Shames, 1995).

El número de Reynolds puede ser calculada de acuerdo a la ecuación (5) (Shames, 1995).

$$\frac{Re}{\rho} = \frac{V \cdot D}{\mu} \quad (5)$$

Donde:

Re Numero de Reynolds.

V Velocidad de Aire en el Conducto, m/s.

μ Viscosidad Cinemática, m²/s.

D Diámetro del conducto, m.

El Número de Reynolds también puede ser calculado de acuerdo a la ecuación (6), esta ecuación resulta de reemplazar la velocidad promedio de la ecuación (5) por el caudal de la ecuación de Continuidad (3) para conductos de sección circular.

$$\frac{Re}{\rho} = \frac{Q}{\mu} \quad (6)$$

Donde:

Re Numero de Reynolds.

Q Caudal de Aire en el Conducto, m³/s.

μ Viscosidad Cinemática, m²/s.

D Diámetro, m.

El cálculo del Factor de Fricción para flujo laminar, para Reynolds menores de 2300, se calcula de acuerdo a la ecuación (7).

$$\frac{f}{Re} = \frac{64}{Re} \quad (7)$$

Donde:

f Factor de Fricción.

Re Numero de Reynolds.

El cálculo del Factor de Fricción para flujo turbulento, para Reynolds mayores a 4000, se calcula de acuerdo a la ecuación de Colebrook (8).

$$\frac{f}{8} = \frac{0.0791}{Re^{0.25}} \left[1 + \frac{68000}{Re} \right] \quad (8)$$

Donde:

f Factor de Fricción.

k Rugosidad Absoluta, mm.

D Diámetro, mm.

Re Numero de Reynolds.

Una forma útil de la ecuación de Colebrook para cálculos de Factor de Fricción mediante iteraciones u hojas de cálculo se presenta en la ecuación (9) (Gerhart, Gross, & Hochstein, 1995).

$$\frac{f}{8} = \frac{0.0791}{Re^{0.25}} \left[1 + \frac{68000}{Re} \right] \quad (9)$$

Se tienen varias propuestas para el cálculo de Factor de Fricción una de ellas es de P. K. Swamee y A. K. Jain que propusieron una ecuación para el cálculo directo del Factor de Fricción (10) que tiene una precisión de $\pm 1\%$ dentro de la rugosidad relativa $\frac{k}{D}$ de 10^{-6} a 10^{-2} y para el intervalo del Número de Reynolds de 5×10^3 a 10^8 (Mott, 2006).

$$\frac{f}{8} = \frac{0.0791}{Re^{0.25}} \left[1 + \frac{68000}{Re} \right] \quad (10)$$

Donde:

f Factor de Fricción.

k Rugosidad Absoluta, mm.

D Diámetro, mm.

Re Numero de Reynolds.

El cálculo de factor de fricción mediante la ecuación de Colebrook tiene un grado de dificultad para cálculos manuales, para resolver este inconveniente se elaboró el A baco de

Moody que se presenta en la Figura 2, que tiene una precisión del 10% aproximadamente, por lo tanto no es necesario usar más de dos cifras significativas en el cálculo del Número de Reynolds (Gerhart, et al 1995).

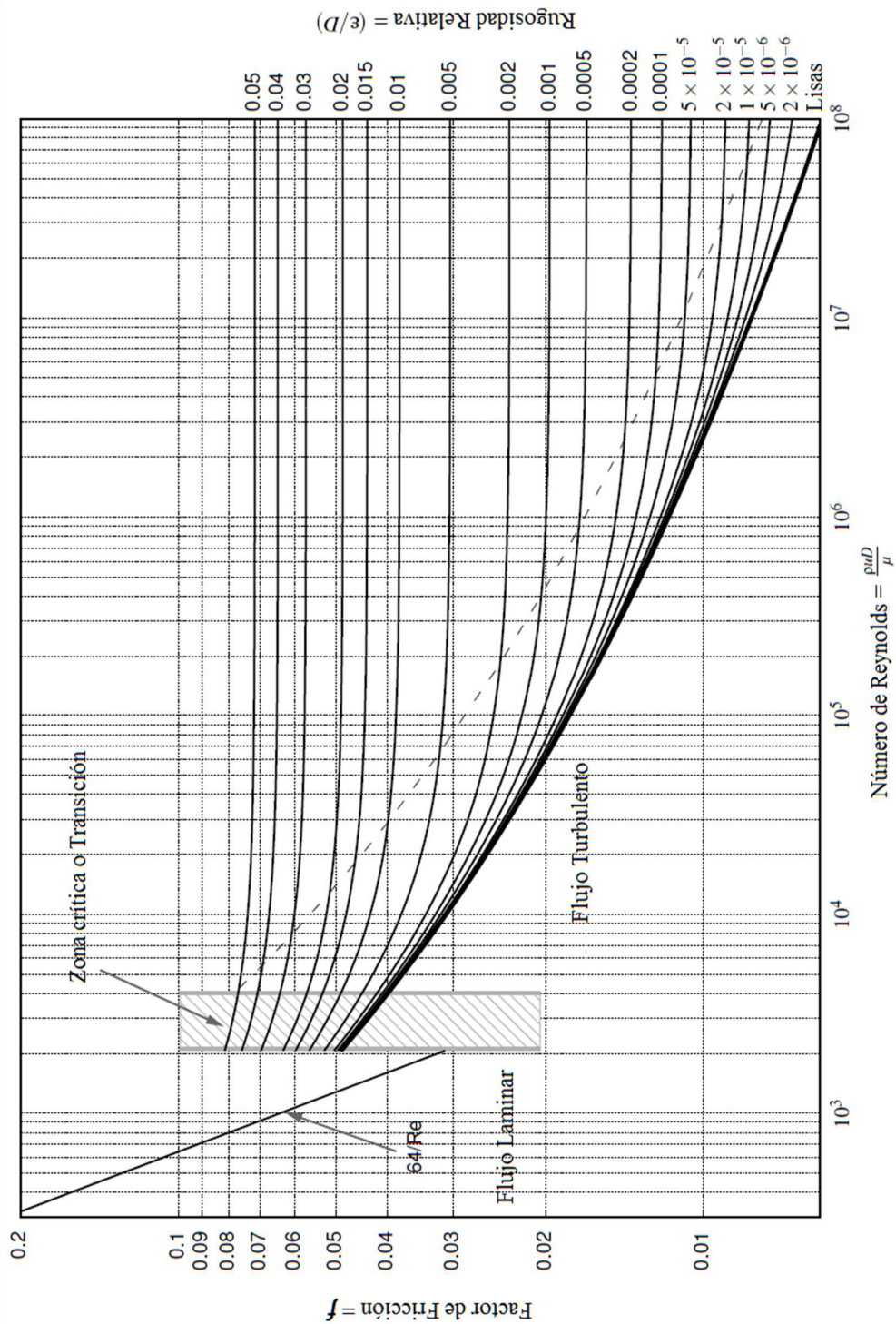


Figura 2. Abaco de Moody.

La otra información que se requiere para el cálculo de pérdida de fricción en los conductos es la rugosidad absoluta, en la Tabla 1 se tiene un listado de rugosidades absolutas de materiales usados en sistemas de climatización y ventilación, publicadas por la ASHRAE.

Tabla 1
Factor de Rugosidad de Ductos.

Material del Conducto	Categoría de rugosidad	Rugosidad absoluta, mm
Aceros al carbono sin recubrimiento, limpio (Moody 1944) (0.05 mm). Tubería plástica de PVC (Swim 1982) (0.01 a 0.05 mm). Aluminio (Hutchinson 1953) (0.04 a 0.06 mm).	Liso	0.03
Aceros galvanizados, costuras longitudinales, juntas a 1200 mm (Griggs et al. 1987) (0.05 to 0.10 mm). Aceros galvanizados, laminados en forma continua, las costuras de la espiral, juntas 3000 mm (Jones 1979) (0.06 to 0.12 mm).	Medianamente Liso	0.09
Costura en espiral acero galvanizado con juntas de 1, 2 y 3 costillas, 3600 mm (Griggs et al. 1987) (0.09 to 0.12 mm).		
Aceros galvanizados, costuras longitudinales, las juntas a 760 mm.	Medio	0.15
Ducto rígido de Fibrous Glass. Revestimiento de Conducto de aire con Fibrous Glass Duct Liner (Swim 1978) (1.5 mm).	Medianamente Rugoso	0.9
Fibrous glass duct liner, cubierto con aerosol en el lado del aire (Swim 1978) (4.5 mm). Ducto Flexible Metálico (1.2 a 2.1 mm cuando está completamente extendido). Ducto Flexible, todo tipo de tela y alambre (1.0 a 4.6 mm cuando está completamente extendido). Concreto (Moody 1944) (1.3 a 3.0 mm).	Rugoso	3.0

Rugosidades Absoluta en conductos de aire para sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2001).

Para el cálculo directo de pérdidas en conductos se tiene la ecuación (11) que es otra alternativa para estimar la caída de presión en Pascales, las condiciones del aire transportado deben de estar entre los 0°C y 49°C y una altura geográfica menor de 600m sobre el nivel del

mar, este resultado se pueden usar sin necesidad de corregir la densidad el aire (Carrier, 2009).

$$\Delta P = \frac{f L V^3}{2 D^5} \quad (11)$$

Donde:

ΔP Caída de presión en el Conducto de aire de Plancha Galvanizada. Pa.

f Coeficiente de Rugosidad Absoluta del Conducto de plancha galvanizada, mm.

L Longitud de Conducto, m.

D Diámetro del Conducto, m.

V Velocidad del aire en el Conducto de plancha Galvanizada, m/s

La ecuación (11) puede ser modificada para hallar directamente el diámetro del conducto de sección circular reemplazando la velocidad promedio de la ecuación de continuidad (3), se tiene la ecuación (12).

$$Q = \frac{f L V^3}{2 D^5} \quad (12)$$

Donde:

D Diámetro del conducto, m.

ΔP Caída de presión en el Conducto de aire de Plancha Galvanizada. Pa.

f Coeficiente de Rugosidad Absoluta en el Conducto de plancha galvanizada, mm.

L Longitud del Conducto, m.

Q Caudal de Aire en el Conducto, m³/s.

2.2.1. Cálculo de Pérdidas en Accesorios de Conexión de Conductos

Las pérdidas en accesorios de conexión de conductos de ventilación y climatización son calculadas de acuerdo a la ecuación (13).

$$\sum K \frac{V^3}{2g} \quad (13)$$

Donde:

$\sum K$ Pérdida en Conexiones, m.

K Coeficiente de Pérdida en Accesorios.

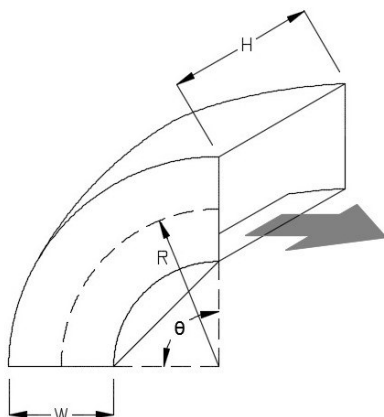
V Velocidad Promedio, m/s.

g Gravedad, 9.807 m/s².

En la industria se tiene una serie de accesorios que se comercializan como terminados, estos accesorios presentan directamente sus pérdidas de presión a una velocidad dada de aire, los datos de fábrica se calculan de acuerdo a estándares internacionales, como es el caso de los filtros y rejillas.

A continuación se da una serie de Coeficientes de Pérdidas en Accesorios requeridos para el sistema tratado en este trabajo, de requerir más información de coeficientes de pérdidas de accesorios de conexión se debe recurrir a las publicaciones de la ASHRAE, AMCA, SMACNA, entre otras instituciones de prestigio internacional.

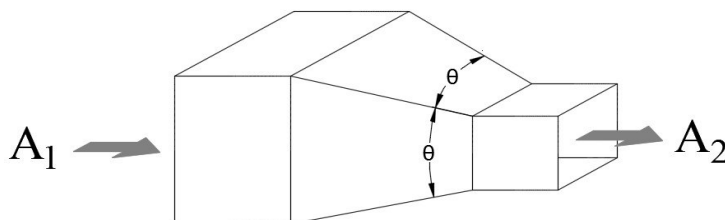
Tabla 2
Coeficiente de Perdida en Codos Rectos.



R/W	Relación de los Lados del Conducto H/W										
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
0.50	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	1.20	1.20
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.27	0.21
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

Tabla de coeficientes de pérdidas en codos de conductos de aire sin deflectores direccionales, (Pita, 2000).

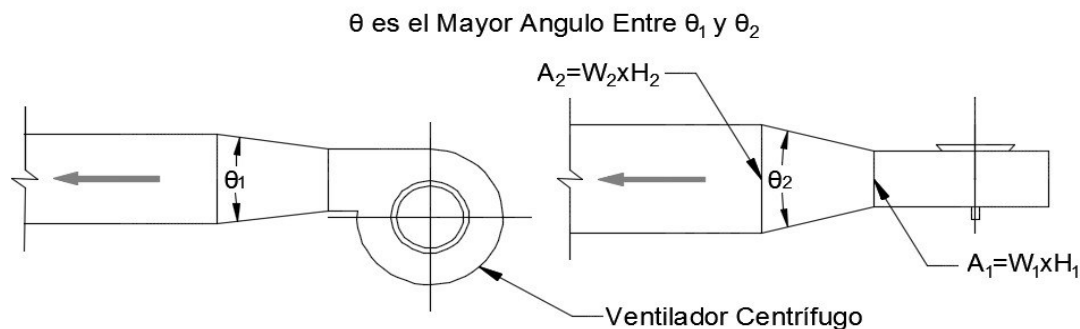
Tabla 3
Coeficiente de Perdida en Reducciones de Conductos.



A_1/A_2	Angulo de La Reducción θ q^*						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2.00	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4.00	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6.00	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10.00	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43

Tabla de coeficientes de pérdidas en reducciones de conductos, * en conductos rectangulares se debe de tomar el mayor ángulo formado en la reducción, (Pita, 2000).

Tabla 4
Coeficiente de Perdida en descargas de Ventiladores Centrífugos a Conductos.



q	A_2/A_1					
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
10	0.10	0.18	0.21	0.23	0.24	0.25
15	0.23	0.33	0.38	0.40	0.42	0.44
20	0.31	0.43	0.48	0.53	0.56	0.58
25	0.36	0.49	0.55	0.58	0.62	0.64
30	0.42	0.53	0.59	0.64	0.67	0.69

Los coeficiente de pérdidas en descarga de aire de ventiladores centrífugos serán usados como referencial hasta tener las verdaderas dimensiones de la boca de descarga del ventilador (ASHRAE, 2001).

Tabla 5
Pérdidas de Presión en filtros Sintéticos de gama media.

Tipo / Espesor, in (mm)	Valor Inicial de la Resistencia, in H2O (Pa)			Resistencia Final
	300 ft/min (1.524 m/s)	500 ft/min (2.54 m/s)	625 ft/min (3.175 m/s)	Recomendada, inH2O (Pa)
PolyKlean Gold				
1" (25.4)	0.19 (47.33)	0.32 (79.71)	0.49 (122.05)	1.00 (249.09)
2"(50.8)	0.20 (49.82)	0.44 (109.60)	0.60 (149.45)	1.00 (249.09)
PolyKlean Blue				
1/2" (12.7)	0.14 (34.87)	0.28 (69.74)	N/R	0.50 (124.54)
1" (25.4)	0.19 (47.33)	0.32 (79.71)	0.49 (122.05)	1.00 (249.09)
2"(50.8)	0.20 (49.82)	0.44 (109.60)	0.60 (149.45)	1.00 (249.09)
PolyKlean White				
1/2" (12.7)	0.16 (39.85)	0.30 (74.73)	N/R	0.50 (124.54)
1" (25.4)	0.20 (49.82)	0.32 (79.71)	0.43 (107.11)	1.00 (249.09)
2"(50.8)	0.24 (59.78)	0.45 (11209)	0.60 (149.45)	1.00 (249.09)

Extracto del catálogo de filtros AFP-1-264H 01/17, (American Air Filter Company, Inc, 2018).

2.2.2. Velocidades Recomendadas en Conductos de Ventilación y Climatización

Los conductos de transporte de aire para ventilación o confort de aire deben de ser dimensionados de acuerdo a las velocidades recomendadas para evitar ruidos y pérdidas innecesarias en los sistemas encareciendo los costos de energía, en la Tabla 6 se enumera una serie de velocidades recomendadas para sistemas de baja velocidad, la velocidad máxima para este tipo de sistemas esta alrededor de 12m/s (Carrier, 2009).

Tabla 6
Velocidades Sugeridas en Conductos de Aire a Baja Velocidad.

Componente	Velocidades Recomendadas, ft/min (m/s)		
	Residenciales	Escuelas, Teatros, Edificios públicos.	Construcciones industriales.
Entrada de Aire Exterior*.	500(2.540)	500(2.540)	500(2.540)
Filtros*.	250(1.270)	300(1.524)	350(1.778)
Serpentón de Calentamiento*.	450(2.286)	500(2.540)	600(3.048)
Lavadores de Aire.	500(2.540)	500(2.540)	500(2.540)
Conexiones de Succión.	700(3.556)	800(4.064)	1000(5.080)
Descarga de Ventilador.	1000-1600	1300-2000	1600-2400
	(5.080-8.128)	(6.604-10.160)	(8.128-12.192)
Ductos Principales.	700-900	1000-1300	1200-1800
	(3.556-4.572)	(5.080-6.604)	(6.096-9.144)
Ductos de Ramal.	600(3.048)	600-900	800-1000
		(3.048-4.572)	(4.064-5.080)
Subidas de Ramal.	500(2.540)	600-700	800(4.064)

(3.048-3.556)

*Estas velocidades son recomendadas en la superficie de la cara del componente de ventilaci3n y no para la superficie libre del conducto (Pita, 2000).

2.2.3. Ductos no Circulares

Las ecuaciones de Darcy-Weisbach, Colebrook, el Diagrama Moody (entre otros m3s) est3n basados en conductos circulares; para el c3culo de conductos de secciones rectangulares y ovaladas que se requieren en la industria se cuentan con ecuaciones que relacionan las geometr3as de las secciones transversales de los conductos; Huebscher (1948) propuso el di3metro equivalente circular de un conducto rectangular para la misma ca3da de presi3n y caudal que los circulares (14), su estudio fue basado en la tabla de fricci3n de aire desarrollada por Wright (1945) (ASHRAE, 2001).

$$D_e = \frac{4A}{P} \quad (14)$$

Donde:

D_e Di3metro E quivalente, mm.

A Longitud de un Lado del Conducto, mm.

P Longitud del Lado Adyacente del Conducto, mm.

Seg3n los estudios la desviaci3n en la ecuaci3n de Huebscher (1948) aumenta con la relaci3n de aspecto (o de los lados). Sin embargo, para la relaci3n de aspecto del conducto menor que cuatro ($1 \leq A/B \leq 4$), las desviaciones son inferiores al 1% para n3meros de Reynolds que se encuentre entre 4,000 y 10^7 (Hassan & Y ue, 2002).

Heyt y Diaz (1975) propusieron el di3metro equivalente circular de un conducto Ovalado, seg3n la ecuaci3n (15).

$$D_e = \frac{4A}{P} \quad (15)$$

Donde:

D_e Diámetro equivalente, mm.

A Área del conducto ovalado, mm².

P Perímetro del conducto ovalado, mm.

El área y el perímetro del área transversal del conducto ovalado se puede calcular como:

$$A = \frac{\pi}{4} D_e^2 \quad (16)$$

$$P = \pi D_e \quad (17)$$

Donde:

D_e Diámetro equivalente del conducto ovalado.

P Perímetro del conducto ovalado.

Estas relaciones de cálculo de diámetro equivalente están indicadas en las diferentes publicaciones de la ASHRAE, (ASHRAE, 2001).

2.2.4. Método de Cálculo de Dimensiones de Conductos

El procedimiento que describimos a continuación es denominado como 'Método de Igual Fricción', en este método se selecciona una pérdida de presión por fricción por una unidad de longitud del conducto; esta pérdida se mantiene constante para todas las secciones del conducto del sistema. La pérdida de presión generalmente es calculada de acuerdo a las velocidades recomendadas para el conducto de descarga del equipo de ventilación de acuerdo a la Tabla 6, el uso de estas velocidades recomendadas evitan ruidos excesivos en el sistema de ventilación. A continuación se detalla este método:

¿ Se calculan los caudales de todas las descargas del sistema.

- ¿ Se suman progresivamente los caudales de todos los conductos, iniciando desde el más lejano hasta la descarga del equipo ventilador.
- ¿ Se selecciona la velocidad recomendada en la descarga del equipo de ventilación de acuerdo al uso del sistema, conociendo el caudal y la velocidad del fluido en el conducto se calcula la pérdida de presión.
- ¿ Con los datos de caudal y pérdida de presión se calculan las dimensiones de todas las secciones del conducto del sistema.
- ¿ Se calcula la caída de presión del sistema y se selecciona el equipo de ventilación (Pita, 2000).

2.3. Selección de ventilador

Los ventiladores se especifican de acuerdo a los caudales de aire del sistema y la presión del ventilador o pérdida total del sistema, Las unidades usadas para el caudal de aire es pies cúbicos por minuto (CFM) y pulgadas de columna de agua (In W.G.) para la pérdida del sistema, debido a una fuerte influencia de Norte América en nuestro país.

El rendimiento del ventilador es una relación entre la energía cedida al fluido y la energía recibida por el eje del ventilador, esto se puede escribir de acuerdo a la ecuación (18)

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{eje}}} \quad (18)$$

Donde:

η Eficiencia del Ventilador.

Q Caudal, m³/s

$P_{\text{útil}}$ Pérdida en el sistema, Pa

P_{eje} Potencia Suministrada, W

Los fabricantes de equipos de ventilación normalmente grafican los parámetros de funcionamiento del equipo teniendo a la presión del ventilador (pérdida de presión del

sistema) y la eficiencia del equipo en función del caudal, con la velocidad de rotación como parámetro, de acuerdo a la Figura 3.

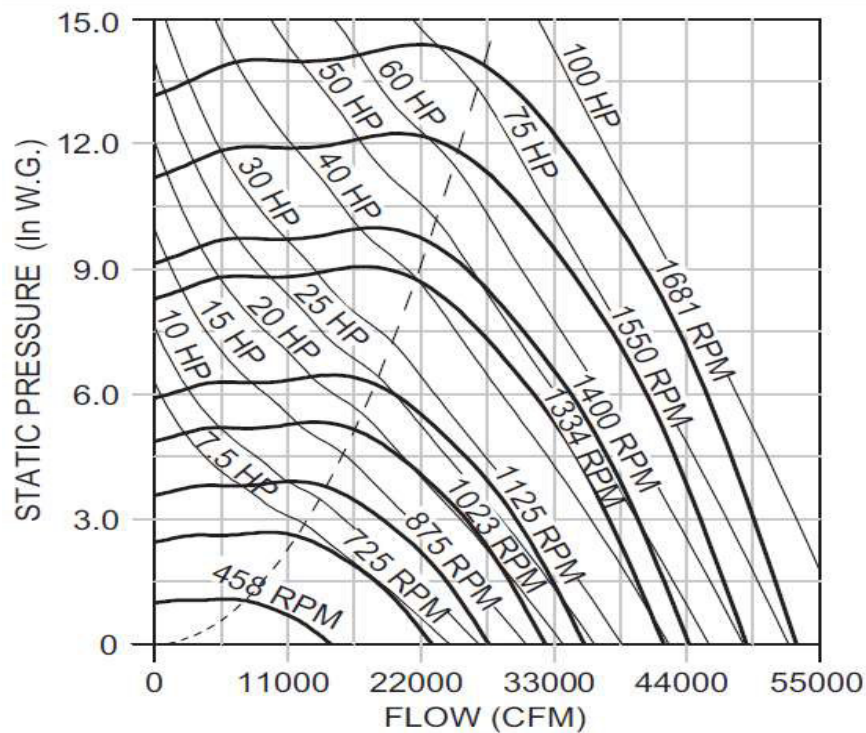


Figura 3, Curvas características de ventilador. Modelo 365 CF (Loren Cook Company, 2018).

El punto de funcionamiento de un ventilador está dado de acuerdo a la ecuación (19) y la Figura 1, que es un derivado de la ecuación de Bernoulli (2) (Gerhart et al, 1995).

$$P_{\text{est}} = P_{\text{atm}} + \rho g h + \frac{\rho V^2}{2} + P_{\text{fric}} + P_{\text{con}} \quad (19)$$

Donde:

P_{est} Pérdida en el sistema, Pa

P_{atm} Presión Absoluta en el Punto de Referencia, Pa.

h Altura del Punto de Referencia, m.

V Velocidad Promedio en el Punto de Referencia, m/s.

P_{fric} Pérdida por Fricción, m.

P_{con} Pérdida en Conexiones, m.

金 隐 Ganancia de Altura por el Ventilador, m.

脃 隐 Densidad, Kg/m³.

坐 隐 Gravedad, 9.807 m/s².

En los sistemas de ventilaci3n y climatizaci3n se pueden despreciar los efectos de la altura f3sica debido a que el ingreso y salida de aire se encuentran en niveles similares. La velocidad de ingreso y salida de aire en los conductos son similares, estas pueden ser despreciadas. La diferencia de presi3n en los sistemas de presurizaci3n se debe de tener en cuenta para la selecci3n del ventilador, debido a que la presi3n en la montante de la escalera es superior a la presi3n atmosf3rica local.

En el mercado se tiene diferentes modelos de equipos cuyas caracter3sticas se deben de tomar en cuenta para la selecci3n final del equipo.

Los equipos de ventilaci3n se pueden clasificar en axiales y centr3fugos, estas a su vez se dividen en sub clases.

2.3.1. Ventiladores Axiales

Los ventiladores Axiales se pueden subclasificar en los tipos de h3lice, tuboaxial y aspa axiales (Pita, 2000) Figura 5. Los ventiladores axiales son excelentes para transportar aire a grandes vol3menes donde los niveles de ruidos no son de importancia, por tal motivo son instalados en sistemas de ventilaci3n industrial (Carrier, 2009), Figura 4. Estos ventiladores en general no pueden crear altas presiones por tal motivo se instalan con pocos o nada de conductos. Los ventiladores tuboaxiales se pueden usar con ductos pero su distribuci3n de aire es dispareja por lo que no son adecuados para sistemas de aire acondicionado (Pita, 2000). Los ventiladores de aspas axiales y aletas directrices se pueden usar en sistemas de acondicionamiento de aire, las aletas gu3as o directrices recuperan parte de la energ3a del aire sometida a aceleraci3n tangencial haci3ndolas m3s eficientes (Carrier,

2009). La construcción compacta de los ventiladores tuboaxiales es útil cuando se tiene limitación de espacio (Pita, 2000).

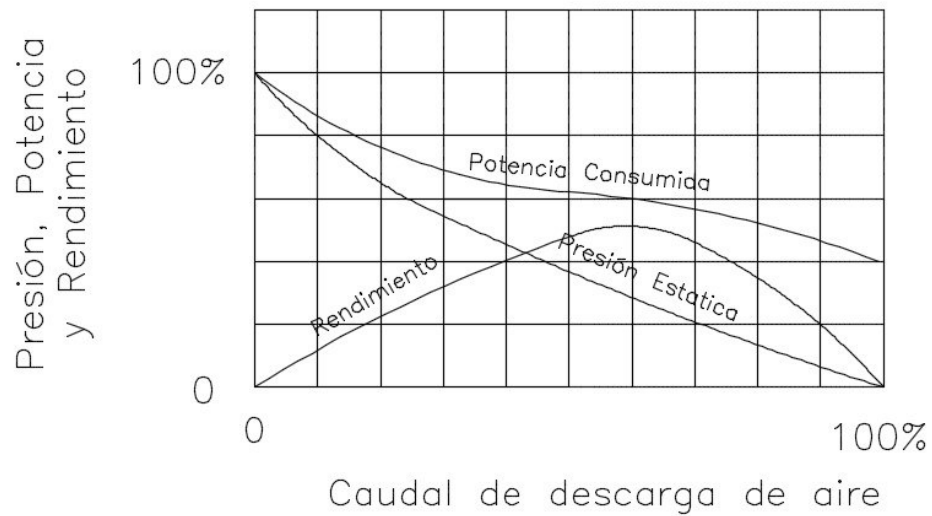


Figura 4, Curvas características de ventilador Axial.

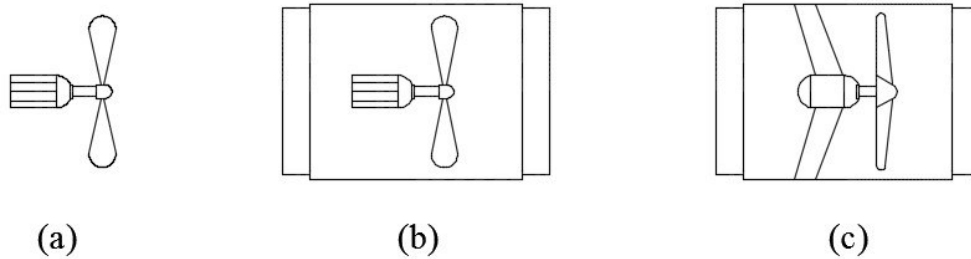


Figura 5, Tipos de ventiladores de flujo Axial.
(a) De hélice; (b) TunoAxial; (c) De Aspa Axial.

2.3.2. Ventiladores Centrífugos

Estos ventiladores se pueden subclasificar en curvados hacia adelante, radiales, curvados hacia atrás, curvados hacia atrás con aletas de perfil aerodinámico (airfoil) e inclinadas hacia atrás, dependiendo de la forma de las aspas del impulsor del ventilador (Pita, 2000), Figura 6.

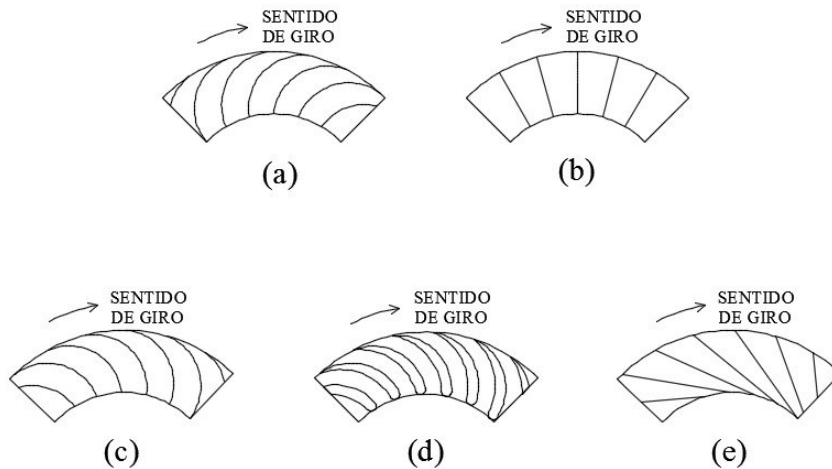


Figura 6, Tipos de aletas de ventiladores centrífugos.
 (a) Aletas Curvados Hacia Adelante; (b) Aletas Radiales; (c) Aletas Curvados Hacia Atrás; (d) Aletas Aerodinámicas Curvados Hacia Atrás y (e) Aletas inclinadas Hacia Atrás.

2.3.2.1. Ventiladores Centrífugos de Aletas Curvados Hacia Adelante

Este tipo de ventilador tiene menor eficiencia comparando con los otros ventiladores centrífugos trabajando con las mismas características de funcionamiento, el costo inicial es menor pero su costo de operación es mayor (Pita, 2000).

Estos equipos funcionan a velocidades relativamente bajas para un mismo caudal, trabajan a baja presión comparado con los otros tipos de ventiladores centrífugos, son más pequeños físicamente esto hace que sean excelentes para ser usados en equipos tipo fan coil (Carrier, 2009).

La curva característica en aumento de la potencia consumida podría ocasionar una sobrecarga al motor si se trabaja en condiciones más allá del caudal seleccionado (Pita, 2000), Figura 7.

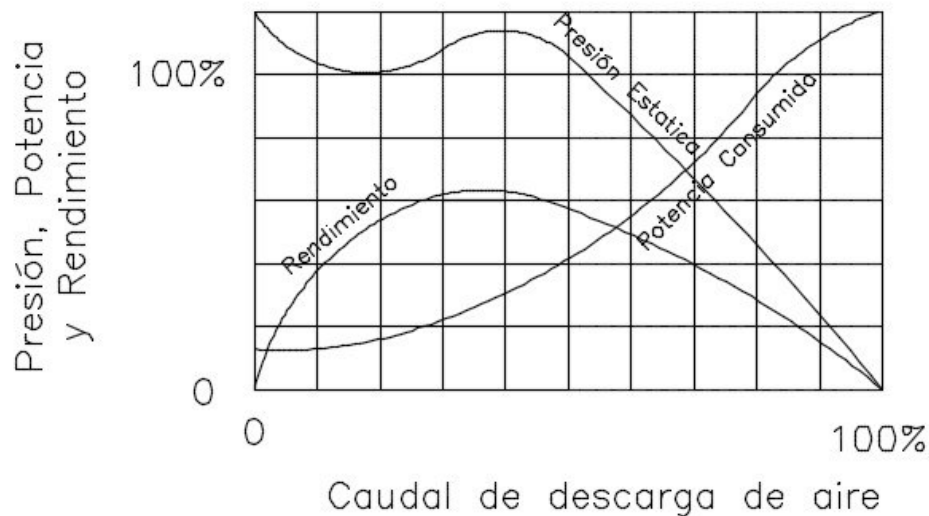


Figura 7, Curvas características de ventilador centrífugo de Aletas Curvadas Hacia Adelante.

2.3.2.2. Ventiladores Centrífugos de Aletas Curvadas Hacia Atrás

Este tipo de ventiladores son los de mayor velocidad de operación y eficiencia en comparación con los otros ventiladores centrífugos, el ahorro en energía pueden cubrir los costos iniciales de adquisición. Estos ventiladores se usan en sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación a baja, media y alta presión por su alta eficiencia y trabajo silencioso (McQuiston, Parker, & Spitler, 2003).

La curva de desempeño de este tipo de ventilador es estable, la curva de la potencia consumida alcanza su pico cerca de la máxima eficiencia, Figura 8. La presión alcanza su pico a la derecha de la máxima eficiencia esto hace que el ventilador tenga una reserva de presión incorporada. Si el motor seleccionado tiene la potencia suficiente para satisfacer el requerimiento máximo del ventilador este no tendrá el peligro de sobrecarga al motor o el sistema de distribución eléctrica.

Los ventiladores de aletas curvadas hacia atrás y con aletas aerodinámicas son de gran rendimiento (comparados con los otros tipos de ventiladores) debido a la forma de sus aletas permite una corriente de aire más uniforme con menos torbellinos a través del rodete (Carrier,

2009). Estos ventiladores se deben de seleccionar para manejar aire limpio donde las aletas no estén sujetas a erosión (McQuiston, Parker, & Spitler, 2003).

Los ventiladores de aletas inclinadas hacia atrás generalmente se seleccionan de modo que su motor no tenga sobrecarga cuando trabajase a descarga libre, es de menor eficiencia que los ventiladores curvados hacia atrás.

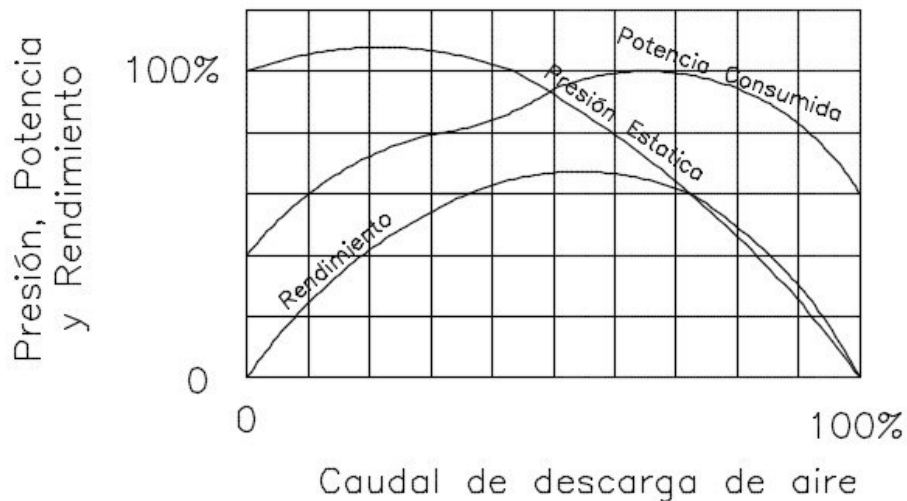


Figura 8, Curvas características de ventilador centrífugo de Aletas Curvadas Hacia Atrás.

2.3.2.3. Ventiladores Centrífugos de Aletas Radiales

Estos ventiladores pueden ser proyectados para ser fabricados para tener gran resistencia mecánica estructural para obtener altas velocidades y presiones, estos equipos se limpian solos. Las características de rendimientos, velocidad y caudal son intermedias a los ventiladores de aletas curvados hacia adelante y los ventiladores de aletas curvados hacia atrás.

Estos ventiladores pueden sobrecargar los motores y el sistema de distribución eléctrica cuando funcionen cercanos a la descarga libre (Carrier, 2009), Figura 9.

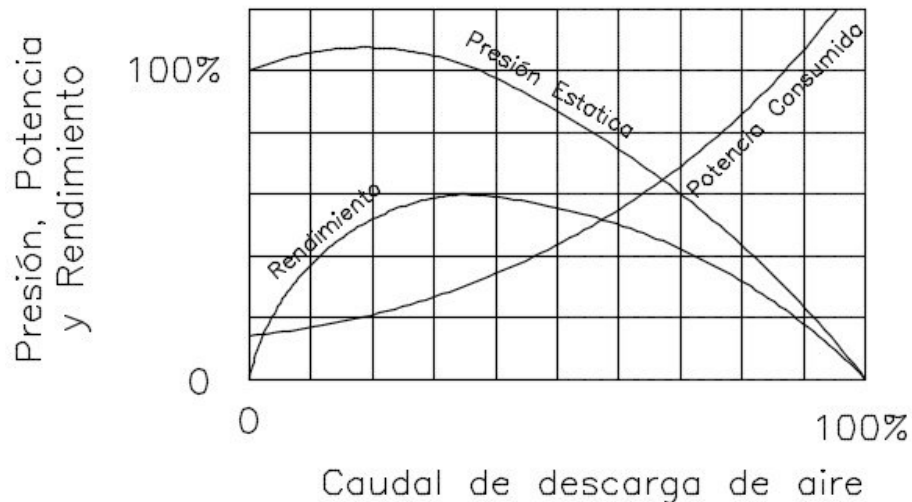


Figura 9, Curvas características de ventilador centrífugo de Alas Radiales.

2.4. Área Efectiva de Flujo de Humos

La geometría que tienen los edificios pueden afectar el control de humos, los pases en las paredes pueden tener configuración de paralelos, series o ambos; se entiende como pase las puertas, ventanas u otro orificio que presente la construcción. Los codos se asemejan a los de la resistencia eléctrica. Esta misma teoría puede ser aplicada a la migración de otras sustancias suspendidas en el aire a parte de humos, como gases peligrosos, materia bacteriológica o materia radiactiva en laboratorios, hospitales o instalaciones industriales (Klote y Milke, 2002).

El área efectiva para aperturas o pases en paralelo se calcula de acuerdo a la sumatoria indicada en la ecuación (20)

$$A_e = \frac{A_p}{N} \quad (20)$$

Donde:

A_e Área Efectiva, m².

A_p Área de Apertura, m².

N Número de Aperturas en Paralelo.

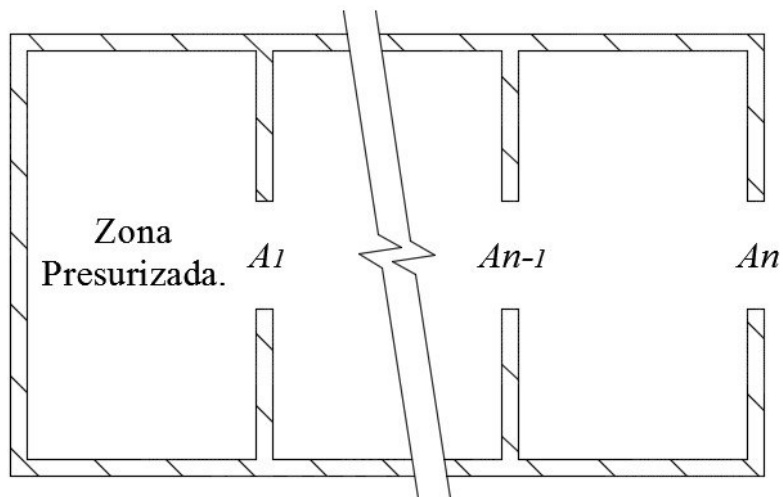


Figura 10. Aberturas en paralelo en edificaciones.

El área efectiva para aberturas o pases en serie se calcula como la sumatoria indicada en la ecuación (21).

$$A_e = \sum_{i=1}^n A_i \quad (21)$$

Donde:

A_e = área Efectiva, m^2 .

A_i = área de Abertura, m^2 .

n = Número de Aberturas en Serie.

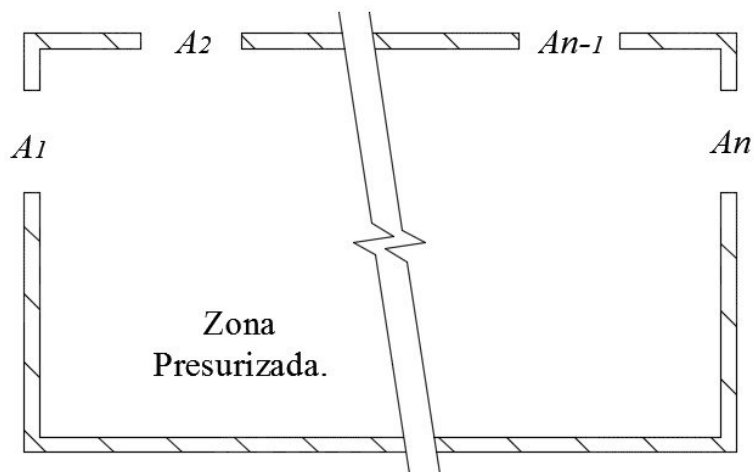


Figura 11. Aberturas en serie en edificaciones.

En las edificaciones comerciales no siempre se tienen la configuración en Serie o Paralelo de aperturas o pases estas pueden ser una combinación de ambos casos, a continuación se da un procedimiento para el cálculo del área efectiva que es necesario para estimar la sobrepresión de los sistemas de control de humos.

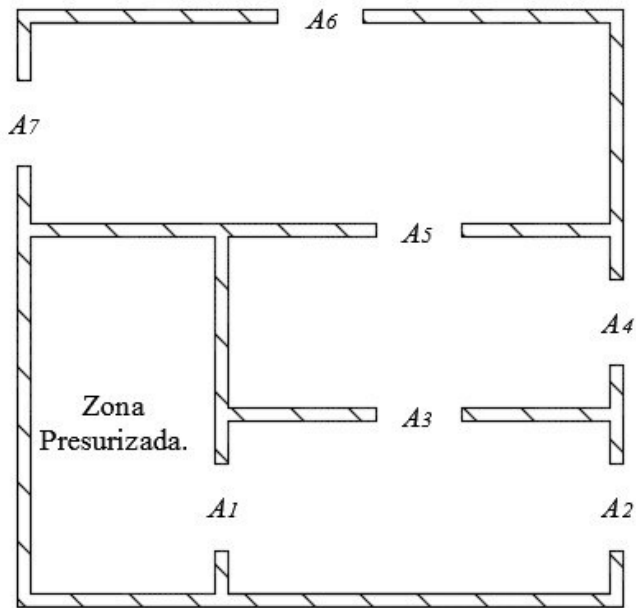
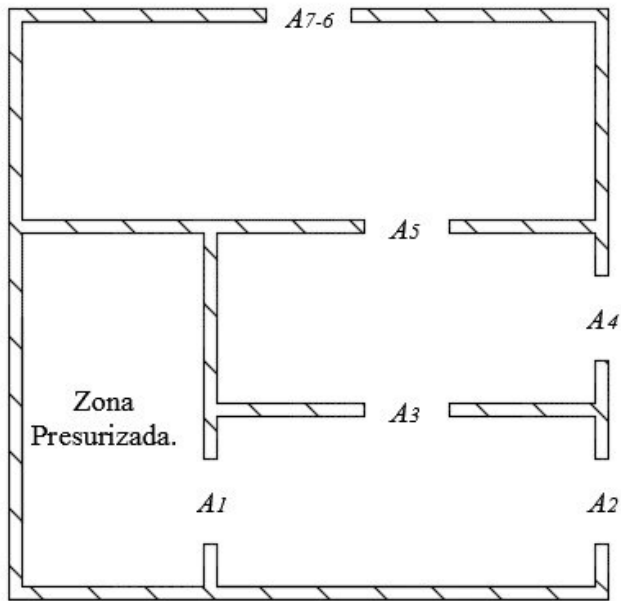


Figura 12. Aperturas en serie y en paralelo en edificaciones.

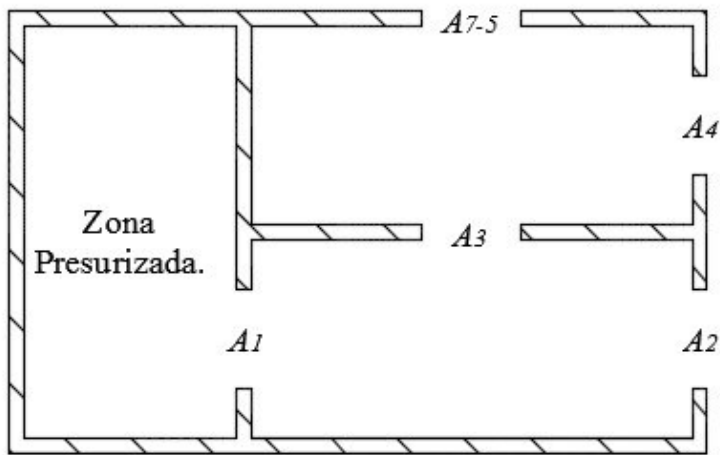
La Figura 12 muestra que las aperturas A1 y A2 tienen una configuración en serie, se calcula el área efectiva A_{e1} de acuerdo a la ecuación (21)

$$A_{e1} = A_1 + A_2$$



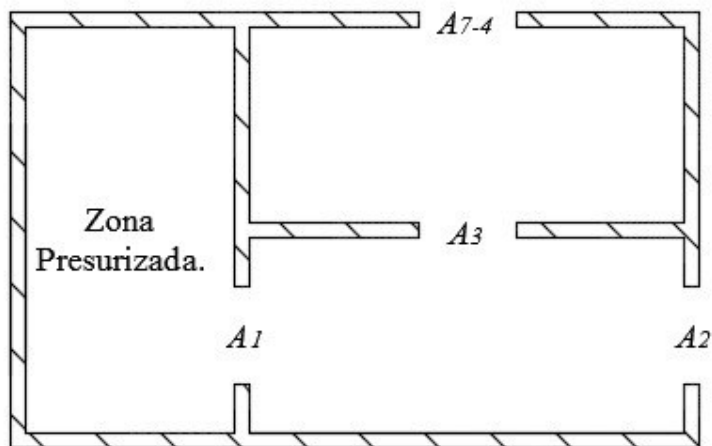
El gráfico muestra que las aberturas A_1 y A_2 tienen una configuración en paralelo, se calcula el área efectiva A_{ef} de acuerdo a la ecuación (20)

$$\frac{1}{A_{ef}} = \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}$$



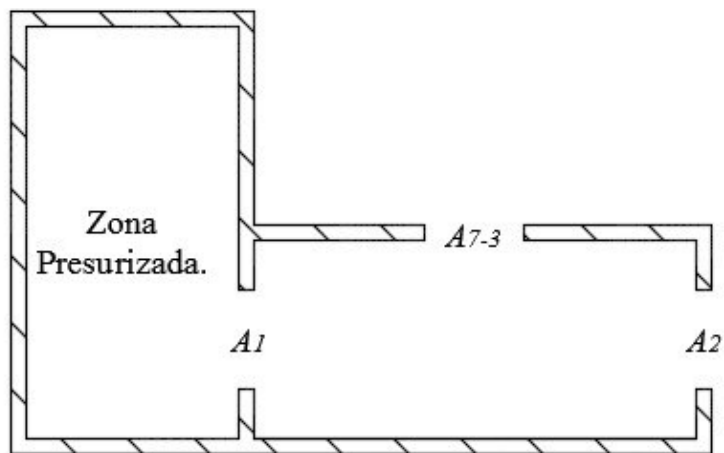
El gráfico muestra que las aberturas A_1 y A_2 tienen una configuración en serie, se calcula el área efectiva A_{ef} de acuerdo a la ecuación (21)

$$\frac{1}{A_{ef}} = \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}$$



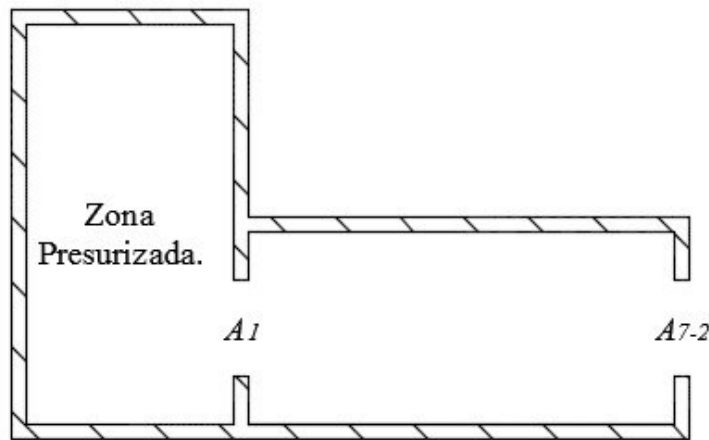
El gráfico muestra que las aperturas A_1 y A_2 tienen una configuración en paralelo, se calcula el área efectiva A_{ef} de acuerdo a la ecuación (20)

$$A_{ef} = A_1 + A_2$$



El gráfico muestra que las aperturas A_1 y A_2 tienen una configuración en serie, se calcula el área efectiva A_{ef} de acuerdo a la ecuación (21)

$$A_{ef} = \frac{A_1 \cdot A_2}{A_1 + A_2}$$



El gráfico muestra que las aperturas A_1 y A_{7-2} tienen una configuración en paralelo, se calcula el área efectiva A_e de acuerdo a la ecuación (20)

$$A_e = \frac{A_1 + A_{7-2}}{2}$$

En las construcciones las paredes y pisos presentan grietas de geometrías diversas debido al tipo de material y la mano de obra en su construcción, el cálculo del área efectiva por el método de las superficies transversales no es práctica para estos orificios, estas áreas efectivas se calculan de acuerdo a la Tabla 7, donde el área efectiva es una razón con la superficie de la construcción, esta tabla está calculada para un coeficiente de flujo $C=0.65$ y 75Pa . La información de la tabla 7 se usa con la ecuación de orificio. Se cree que los valores reales de fugas para paredes y pisos dependen principalmente de la mano de obra y no de los materiales de construcción (Klote y Milke, 2002).

Tabla 7
Áreas Típicas de Fuga de Paredes y Pisos de Edificios Comerciales.

Elementos de Construcción	Etanqueidad	Razón de Área de Fuga
Paredes externas del edificio (Incluye grietas de la construcción y resquicios alrededor de ventanas y puertas).	Estanda	$\frac{1}{1000} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
	media	$\frac{1}{100} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
	Permeable	$\frac{1}{10} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
	Muy Permeable	$\frac{1}{1} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
Muros de la escalera (Incluye grietas de construcción, pero no grietas alrededor de ventanas o puertas).	Estanda	$\frac{1}{1000} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
	media	$\frac{1}{100} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
	Permeable	$\frac{1}{10} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
Pisos (Incluye grietas de construcción y huecos en las uniones del piso y paredes).	Estanda*	$\frac{1}{1000} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
	media	$\frac{1}{100} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
	Permeable*	$\frac{1}{10} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$

En la fuga del piso no se tiene en cuenta las brechas que pueden existir entre un piso y un muro cortina.

* Los valores de estanqueidad de los pisos fueron extrapolados de valores basados de estanqueidad de otros componentes de la construcción (Klote J. H., Milke, Turnbull, Kashef, & Ferreira, 2012).

2.5. Cálculo de Fuerza de Apertura de Puertas en Escaleras Presurizadas

Las fuerzas de apertura de puertas de emergencia debida a las diferencias de presión producidas por el sistema de presurización deben ser consideradas en los cálculos de los sistemas de control de humos por sobrepresión. Si la fuerza de apertura de la puerta de emergencia es elevada dificulta la evacuación en un incendio.

Según la Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad., Art.31, dice que "La máxima fuerza requerida para abrir cada una de las puertas de la montante de la escalera no deberá exceder las 30 lbf.(133.25N) _.

A continuación se analizará las fuerzas que actúan en una puerta de emergencia en un sistema de control de humos de acuerdo a la Figura 13; los momentos en las bisagras de la puerta sumarian cero, se considera que la resultante de las fuerzas producidas por la diferencia de presión actúan en el centro de la puerta, de este análisis se obtiene la ecuación (22)

$$F = \frac{A \Delta P}{W} \quad (22)$$

Se considera que las fuerzas de fricción en las bisagras están comprendidas entre 2,3N a 9N, la fuerza que ejerce el Cierre Puertas es superior a 13 N y en algunos casos puede llegar a 90N. (Klote & Milke, 2002), La resultante de la fuerza de fricción y del Cierre Puertas se puede considerar como (23):

$$M_r = \frac{F_f}{W} \quad (23)$$

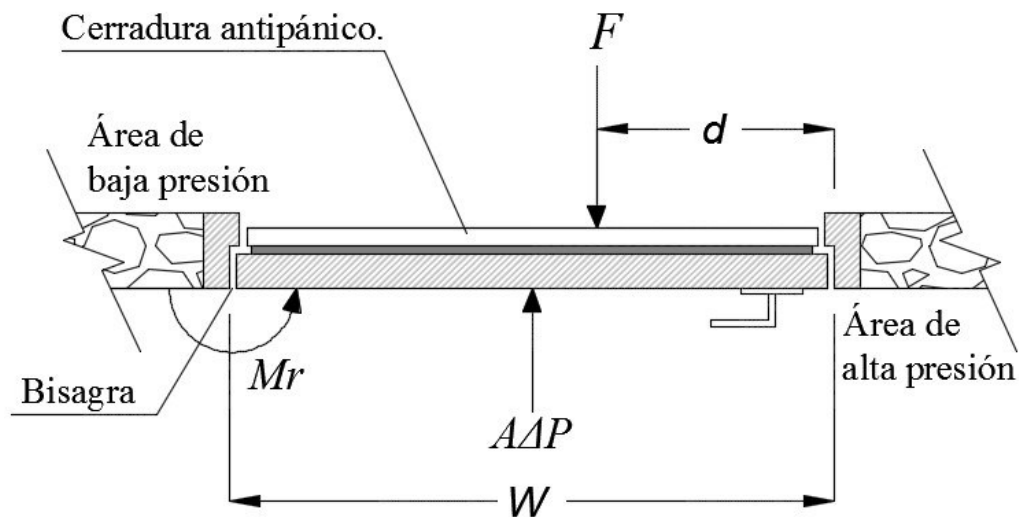


Figura 13. Fuerzas que actúan en una puerta de emergencia.

Donde:

F Fuerza total de apertura de la puerta, N.

M_r Momento de fuerza del cierre puertas y de fricción, N.

会 隐 Ancho de la puerta, m.

律 隐 三 rea de la puerta, m².

た 再 隐 Diferencia de presi ン en la puerta, Pa.

君 隐 Distancia desde el borde de la puerta al punto de aplicaci ン la fuerza de apertura, m.

Del an ン isis anterior se obtiene la ecuaci ン (24) para el c ン culo de fuerza que se requiere para la apertura de la puerta de emergencia.

$$た 再 隐 律 三 \frac{会 隐 た 再 隐}{会 隐 三 律 三} \quad (24)$$

De la ecuaci ン (24) podemos derivar la ecuaci ン para el c ン culo de la diferencia de presi ン en los sistemas de presurizaci ン para el control de humos (25).

$$た 再 隐 \frac{会 隐 三 律 三 会 隐 三 律 三}{会 隐} \quad (25)$$

Donde:

た 再 隐 Fuerza total de apertura de la puerta, N.

律 三 隐 Fuerza del cierra puertas y de fricci ン, N.

会 隐 Ancho de la puerta, m.

律 隐 三 rea de la puerta, m².

た 再 隐 Diferencia de presi ン en la puerta, Pa.

君 隐 Distancia desde el borde de la puerta al punto de aplicaci ン la fuerza de apertura, m.

2.6. Calculo de Caudal de Aire del Sistema de Presurizaci ン de Escaleras

Los sistemas de presurizaci ン de escalera son usadas y aceptadas en nuestra normativa local (y vigente) para edificios comerciales; a continuaci ン describimos el c ン culo del caudal requerido por un sistema de presurizaci ン de escalera, se basara en tres pasos, c ン culo de

caudal cuando todas las puertas de la montante de escalera están cerradas, cálculo de caudal de aire cuando se tiene algunas puertas abiertas y cálculo de caudal de aire cuando se tiene la puerta de la montante de la escalera abierta al exterior.

Los flujos verticales de aire en los sistemas de presurización de escaleras son pequeños por lo tanto las pérdidas por fricción son casi inexistentes, se puede considerar un sistema hidrostático (Klote y Milke, 2002); en la normativa peruana indican que se debe descargar aire en todos los pisos favoreciendo a que no exista flujos verticales (Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad.)

El cálculo de la presión hidrostática a una altura cualquiera dentro de la montante de la escalera se puede calcular de acuerdo a la ecuación (26):

$$P_{ay} = P_{a0} + \rho_a g Y \quad (26)$$

Donde:

P_{ay} Presión absoluta del aire en la montante de la escalera a una elevación Y, Pa.

P_{a0} Presión del aire absoluta en el fondo de la montante de la escalera, Pa.

ρ_a Densidad del aire en la montante de la escalera Kg/m³.

Y Elevación o Altura, medida desde el fondo de la montante de la escalera, m.

g Constante, 9.8 m/s².

Se calcula la presión externa a una altura del edificio, suponiendo que el viento es suave o inexistente, se tendrá una presión hidrostática de acuerdo a la ecuación (27):

$$P_{ex} = P_{a0} + \rho_a g Y \quad (27)$$

Donde:

P_{a0} Presión absoluta del aire a una elevación Y, Pa.

P_{ex} Presión del aire absoluta en la parte inferior de la escalera, Pa.

ρ_a Densidad del aire del exterior, Kg/m³.

$$\frac{A_{e,1} + A_{e,2}}{A_{e,1} + A_{e,2} + A_{e,3}} \quad (31)$$

Donde:

$A_{e,1}$ rea de flujo efectivo entre la montante de la escalera y el exterior, m².

$A_{e,2}$ rea de flujo entre la montante de la escalera y el Edificio, m².

$A_{e,3}$ rea de flujo entre el edificio y el exterior, m².

Las reas en la ecuaci3n (31) est3 expresada para cada piso, la diferencia de presi3n entre la montante de la escalera y el edificio se puede expresar de acuerdo a la ecuaci3n (32)

$$\frac{A_{e,1} + A_{e,2}}{A_{e,1} + A_{e,2} + A_{e,3}} \quad (32)$$

La diferencia de presi3n $\Delta P_{e,1}$ y $\Delta P_{e,2}$ est3 relacionados de acuerdo a la ecuaci3n (33)

$$\frac{A_{e,1} + A_{e,2}}{A_{e,1} + A_{e,2} + A_{e,3}} \quad (33)$$

La normativa nacional recomienda una diferencia de presi3n de 0.05 (12.45 Pa) pulgadas de columna de agua como m3nimo y un m3ximo de 0.45 (112.09 Pa) pulgadas de columna de agua como diferencia de presi3n entre la montante de la escalera y el edificio para construcciones protegidos al 100% con rociadores. Los est3ndares del NFPA (National Fire Protection Association) recomienda presiones en la montante de la escalera para ser tomados en cuenta en el dise2o de sistemas de control de humos, de acurdo a la Tabla 8.

Tabla 8

Diferencias de presi3n de dise2o m3nimas a trav3s de barreras de humo.

Tipo de	Altura del Techo	Diferencia de Presi3n de Dise2o*
Edificio	(ft)	(in de Agua)
AS	Cualquier	0,05 (12.45Pa)
NS	9 (2.74m)	0.10 (24.91Pa)
NS	15 (4.57m)	0.14 (34.87Pa)

NS	21 (6.40m)	0.18 (44.84Pa)
----	------------	----------------

AS=Protegido con rociadores o sprinklers.

NS= No protegido con rociadores o sprinklers.

1.- la tabla muestra las diferencias de presión mínima de diseño desarrolladas para los gases a una temperatura de 927°C en la zona de humos.

2) para proyectos de diseño, un sistema de control de humo debe mantener estas diferencias de presión mínima en condiciones de diseño especificado de efecto de pila o el viento.

*Para zonas con sistemas de control de humos, la diferencia de presiones medidas entre las zonas de humos y las zonas controladas mientras el sistema de control de humos está en funcionamiento (National Fire Protection Association (NFPA), 2012)

El caudal de aire de presurización es altamente dependiente del área de fuga. Debido a que estas áreas solo se pueden estimar aproximadamente en la mayoría de las situaciones, el ventilador debe dimensionarse de manera conservadora para que el flujo del ventilador pueda ajustarse a niveles aceptables de presurización durante la puesta en marcha del sistema. Este tamaño de ventilador puede ser por elección de valores altos de fugas de edificios o de factores de seguridad (Klote y Milke, 2002).

La normativa Nacional recomienda el uso de compuertas barométricas para regular el exceso de aire cuando se abren y cierran las puertas de la montante de la escalera, para garantizar la presión necesaria para evitar el ingreso de humos y la apertura de la puerta sin inconvenientes (Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad.).

Se recomienda seleccionar la ubicación del dampers barométrico de acuerdo a la dirección del viento, esto evitara presiones en contra de la apertura del dampers barométrico.

Para garantizar la presión requerida en la montante de la escalera los ventiladores deberán de ser de flujo variable y estas estarán controlados por uno o más sensores de presión estática que detectan la diferencia de presión entre la montante de la escalera y el edificio, estas medidas son para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema de control de humos ante una emergencia.

En los sistemas de presurización de escaleras cuando se abre una puerta la diferencia de presión cae significativamente en comparación cuando se tienen todas las puertas cerradas.

Sin embargo al abrir la puerta exterior de la escalera produce la mayor caída de presión. Esto se debe a que el flujo de aire a través de la puerta exterior va directamente afuera de la edificación, mientras que el flujo de aire a través de las otras puertas abiertas debe de pasar por otras vías en la construcción para llegar al ambiente exterior, la mayor resistencia al flujo de aire del edificio significa que fluye menos aire a través de estas puertas en comparación a la que fluye a través de la puerta abierta al exterior. El flujo a través de la puerta exterior puede ser de tres a diez veces mayor que el de las otras puertas, y el flujo relativo a través de la puerta exterior es mayor para edificios bien contruidos (Klote y Milke, 2002).

Para edificios densamente poblados, se puede esperar que muchas de las puertas de la escalera estén abiertas durante la evacuación. En consecuencia, los sistemas de presurización de escaleras en dichos edificios deberán diseñarse para funcionar con cierto número de puertas abiertas. Este número de diseño de puertas abiertas depende en gran medida del plan de evacuación.

La normativa nacional indica que la puerta de salida del edificio en el primer nivel deberá de estar abierta durante la emergencia y otras puertas en la montante de la escalera, se deduce por el texto que deberán ser mínimo dos puertas abiertas en la montante de la escalera sin incluir la puerta del primer nivel (Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad.).

Las pérdidas por fricción en la montante de la escalera se pueden minimizar teniendo un sistema de inyección múltiple diseñado para minimizar el flujo de aire vertical en la montante de la escalera (Klote y Milke, 2002).

2.6.1. Cálculo de Caudal de Aire con Puertas Cerradas en la Montante de la Escalera

Para el cálculo de caudal de aire con las puertas cerradas en la montante de la escalera, se debe de considerar que no existe flujo vertical en la montante, con esta suposición

podemos considerar el aire en la montante de la escalera como un fluido hidrostático, las fugas de aire son las que se generan por la aberturas de la puertas y la permeabilidad de las paredes de la montante de la escalera y del edificio, se tiene la ecuación (34)

$$q = \int_0^H \frac{A_e}{H} dy \quad (34)$$

Donde:

A_e Área de flujo efectivo distribuido por unidad de altura, m^2 .

Esta área de flujo efectivo distribuido se puede expresar de acuerdo a la ecuación (35)

$$A_e = \frac{A}{N} \quad (35)$$

Donde:

A Área de flujo efectivo distribuido por unidad de altura, m^2 .

H Altura de la escalera, m

N Número de pisos.

Sustituyendo en la ecuación (34) la ecuación (29) y (35), se tiene la ecuación (36)

$$q = \int_0^H \frac{A}{N} dy \quad (36)$$

Integramos desde $y=0$ hasta $y=H$, se obtiene el caudal de aires desde la montante de la escalera hacia el edificio y al exterior.

$$q = \frac{A}{N} \int_0^H dy \quad (37)$$

Donde Δp es la diferencia de presión entre la montante de la escalera y el exterior en la parte superior del edificio. Como la Δp es una función lineal de Δp , como se expresa en la ecuación (33), la ecuación (37) se puede escribir para Δp como (38) (Klote y Milke, 2002).

$$Q_{\text{caudal}} = \frac{Q_{\text{caudal}}}{Q_{\text{caudal}}} \quad (38)$$

Donde:

Q_{caudal} Caudal de aire desde la montante de la escalera hasta el edificio, m^3/s .

$P_{\text{diferencial}}$ Presión diferencial entre la montante de la escalera y el edificio en la parte superior de la escalera cuando todas las puertas de la escalera están cerradas, Pa.

P_{fondo} Diferencia de presión entre el fondo de la montante de la escalera y el edificio cuando todas las puertas de la escalera están cerradas, Pa.

A_{rea} Área de flujo entre la escalera y el edificio por piso cuando las puertas de la escalera están cerradas, m^2 .

N Número de pisos.

ρ_{aire} Densidad del aire en la montante de la escalera, Kg/m^3 .

$C_{\text{coeficiente}}$ 0.613

Para el cálculo de caudal total del sistema se requiere el caudal que fuga desde la montante de la escalera hacia el edificio por puerta cerrada, este puede ser calculada de acuerdo a la ecuación (39).

$$Q_{\text{caudal}} = \frac{Q_{\text{caudal}}}{Q_{\text{caudal}}} \quad (39)$$

Donde:

Q_{caudal} Caudal de aire por puerta cerrada, m^3/s .

Q_{caudal} Caudal de aire desde la montante de la escalera hasta el edificio, m^3/s .

N Número de pisos con puertas cerradas.

2.6.2. Cálculo de Caudal de Aire con Puertas Abiertas en la Montante de la Escalera

Cuando se abren algunas puertas y otras se cierran, el área de flujo varía de piso a piso. La ecuación (38) puede aplicarse por partes a las secciones verticales de la escalera,

donde los valores de A_{sb} y los valores de A_{bo} son los mismos para cada piso. Ambas áreas se usan para calcular las diferencias de presión y el área de flujo efectiva. La ecuación (38) se puede escribir en una forma general para $C = 0.65$ y $\rho = 1.20 \text{ Kg} / \text{m}^3$, de acuerdo a la ecuación (40):

$$Q = \frac{C A_{bo} \sqrt{2 \Delta P}}{\sqrt{1 + \frac{A_{bo}}{A_{sb}}}} \quad (40)$$

Donde:

Q Caudal de la sección, m^3/S .

C Factor de flujo, m/S .

N Número de pisos.

A_{bo} Área de flujo efectivo por piso desde la montante de la escalera, m^2 .

El factor de flujo se puede calcular de acuerdo a la ecuación (41)

$$C = \frac{Q \sqrt{1 + \frac{A_{bo}}{A_{sb}}}}{A_{bo} \sqrt{2 \Delta P}} \quad (41)$$

Donde:

C Factor de flujo, m/S .

ΔP_{b1} Diferencia de presión en la parte inferior de la sección, Pa .

ΔP_{b2} Diferencia de presión en la parte superior de la sección, Pa .

$K = 0.559$

Reemplazando la ecuación (41) en la ecuación (40) se tendrá la ecuación (42)

$$Q = \frac{C A_{bo} \sqrt{2 \Delta P}}{\sqrt{1 + \frac{A_{bo}}{A_{sb}}}} \quad (42)$$

Las ecuaciones (40) y (41) se pueden usar para calcular cualquiera de los caudales Q_{bo} o Q_{sb} donde Q_{bo} es el caudal desde la montante de la escalera a través del edificio hacia el exterior. Al calcular Q_{bo} es el área de flujo efectiva desde la montante de la escalera hacia el edificio y las dos diferencias de presión desde la montante de la escalera hasta el edificio.

Al calcular Q_{ef} es el área de flujo efectiva desde la montante de la escalera a través del edificio hacia el exterior, y las dos diferencias de presión son desde la montante de la escalera hacia el exterior (Klote y Milke, 2002).

2.6.3. Cálculo de Caudal de Aire con Puerta Abierta al Exterior del Edificio

Los flujos directamente al exterior se manejan de forma diferente a los que se realizan a través del edificio. Para las puertas exteriores, los respiraderos exteriores u otras aberturas directamente hacia el exterior, el flujo se puede expresar de acuerdo a la ecuación (43)

$$Q_{\text{ext}} = C_d A_{\text{ext}} \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} \quad (43)$$

Donde:

Q_{ext} Caudal desde la montante de la escalera al exterior, m^3/s .

C_d Coeficiente de flujo, adimensional.

A_{ext} Área de flujo entre la escalera y el exterior, m^2 .

ΔP Diferencia de presión entre la escalera y el exterior, Pa.

ρ Densidad del aire, Kg/m^3 .

$C_d = 1$

Para el cálculo del caudal total del sistema se integran los resultados parciales de los cálculos de caudales con puertas cerradas y abiertas, el caudal resultante es usado para el dimensionamiento de los conductos y la selección del equipo de ventilación, de acuerdo a la ecuación (44).

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{ext}} + Q_{\text{int}} \quad (44)$$

Donde:

Q_{total} Caudal total del sistema de presurización de escaleras, m^3/s .

N Número de pisos con puertas cerradas.

Q_{pu} = Caudal de aire por puerta cerrada, m^3/s .

Q_{pa} = Caudal de aire por las puertas abiertas hacia el edificio, m^3/s .

Q_{pe} = Caudal de aire hacia el exterior, m^3/s .

2.7. Cálculo de Características del Dampers Barométrico

La selección del dampers tiene que basarse en los datos técnicos del fabricante, deberá de cumplir con la presión de apertura y el caudal de trabajo, este dampers deberá de ser certificado cumpliendo los requerimientos de la normativa nacional.

El dampers deberá de garantizar que la fuerza de apertura de la puerta sea menor a 30 lbf (133.25N) y la presión diferencial entre la montante de la escalera y el interior del edificio se encuentre entre los 0,05 (12.45 Pa) y 0.45 (112.09 Pa) pulgadas de columna de agua para una construcción con el 100% de rociadores de contra incendios instalados (Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad.).

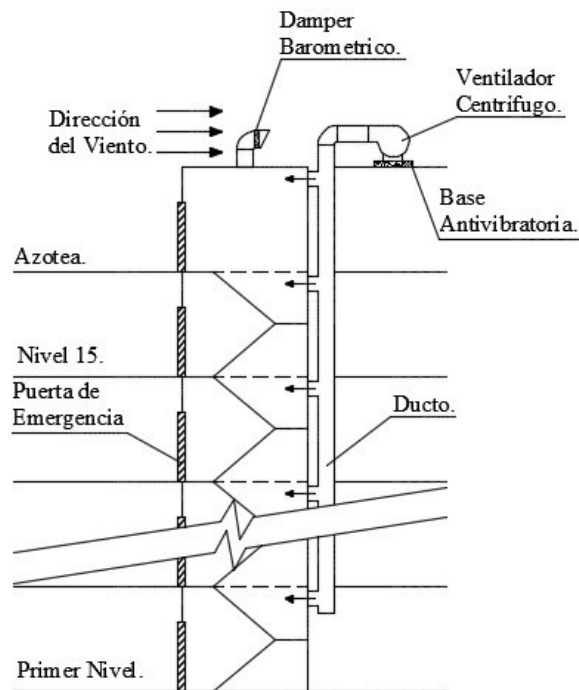


Figura 14. Instalación mecánica del sistema de presurización de escaleras.

Se tiene la ecuación de orificio (45)

$$Q = C_d A \sqrt{2 \Delta P / \rho} \quad (45)$$

Se despeja el área del damp, se tiene la ecuación (46)

$$A = Q / (C_d \sqrt{2 \Delta P / \rho}) \quad (46)$$

Donde:

A = Área del Damp barométrico, m².

Q = Caudal desde la montante al exterior a través del damp barométrico, m³/S.

C_d = Coeficiente de flujo, adimensional.

ΔP = Diferencia de presión entre la escalera y el edificio, Pa.

ρ = Densidad del aire, Kg/m³.

K = 1

Y donde:

$$Q = Q_{ext} + Q_{int} \quad (47)$$

Q_{ext} = Caudal desde la montante al exterior a través del damp barométrico, m³/S.

Q_{int} = Caudal Total desde la montante de la escalera al edificio y al exterior, m³/S.

Q_{ext} = Caudal de aire desde la montante de la escalera hasta el edificio, m³/S.

Para garantizar la apertura de la puerta de emergencias el área del damp barométrico se calcula de acorde a la ecuación (46), reemplazando el valor de presión obtenida de la ecuación (33), este resultado garantiza que no se sobrepase la máxima fuerza de apertura de las puertas de emergencias. Para la normativa Europea UNE-EN 12101-6:2006, el área del damp barométrico se obtiene reemplazando el valor de la presión recomendada en la ecuación (46), se tiene:

- ¿ Coeficiente de flujo, C_d
- ¿ Diferencia de presión entre la escalera y el edificio, ΔP_{se}
- ¿ Densidad del aire, ρ_a
- ¿ $C_d = 1$

Se obtiene la ecuación (48) (Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR], 2006).

$$Q = \frac{C_d A \sqrt{2 \Delta P_{se}}}{\rho_a} \quad (48)$$

Donde:

A = Área del Dómpar barométrico, m².

Q = Caudal desde la montante al exterior a través del dómpar barométrico, m³/s.

2.8. Normativa Nacional

2.8.1. Consideraciones de Diseño Mecánico: Norma A 130, Sub-Capítulo IV - Requisitos de los Sistemas de Presurización de Escaleras

Artículo 29.- El ventilador y el punto de toma de aire deben ubicarse en un área libre de riesgo de contaminación por humos, preferentemente en el exterior o azotea de la edificación.

Artículo 30.- No es permitida la instalación del ventilador en sótanos o lugares cerrados, donde un incendio adyacente pueda poner en riesgo la extracción de aire, cargando la escalera de humo. El sistema debe contar con inyección de aire para cada piso. La diferencia de presión mínima de diseño entre el interior y el exterior de la caja de la escalera debe ser de 0.05 pulgadas de columna de agua y el máximo de 0.45 pulgadas de columna de agua para edificios protegidos al 100% con rociadores.

Artículo 31.- El cálculo para el diseño de la escalera se debe realizar teniendo en cuenta como mínimo la puerta de salida en el nivel de evacuación y puertas adicionales dependiendo del número de pisos, cantidad de personas evacuando, u otra condición que obligue a considerar una puerta abierta por un tiempo prolongado. La máxima fuerza requerida para abrir cada una de las puertas de la caja de la escalera no deberá exceder las 30 lbf.

Artículo 32.- La succión y descarga de aire de los sopladores o ventiladores debe estar dotada de detectores de humo interconectados con el sistema de detección y alarmas del edificio de tal manera que se detenga automáticamente en caso de que ingrese humo por el rodete. El ventilador deberá ser activado automáticamente ante la activación de cualquier dispositivo del sistema de detección y alarma. Como mínimo deberá activarse por medio de detectores de humo ubicados en cada acceso a las escaleras de escape a no menos de 3.0 m de las puertas de escape.

Artículo 33.- La interconexión con el sistema de alarmas y detección (cables) debe tener una protección cortafuego para mínimo 2 horas.

Artículo 34.- La alimentación de energía para los motores del ventilador debe contar con dos fuentes independientes, de transferencia automática. Las rutas de dichos suministros deben ser independientes y protegidos contra fuego por 2 horas. La transferencia de la fuente de alimentación primaria a la secundaria se debe realizar dentro de los 30 segundos posteriores a la falla de fuente primaria. Se debe separar la llave de control de los motores de presurización de forma que el contactor general no actúe sobre esta alimentación. Todos los cables de suministro eléctrico desde el tablero de alimentación hasta la entrada

a motor del ventilador deben contar con una protección cortafuego para mínimo 2 horas.

Artículo 35.- El ventilador deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Listado o equivalente.
- b) Preferentemente del tipo centrifugo radial.
- c) En el caso de que el ventilador sea impulsado por medio de fajas el número de estas debe ser cuando menos 1.5 veces el número de fajas requeridas para el servicio de diseño.
- d) Todo ventilador impulsado por medio de fajas debe tener cuando menos dos fajas
- e) Los catálogos para la selección y la curva del fabricante deben formar parte de los documentos entregados.
- f) Bajo ningún motivo el motor operara por encima de la potencia de placa. La potencia de trabajo se determinara mediante una medición de campo con tres puertas abiertas.
- g) El motor impulsor debe tener cuando menos un factor de servicio de 1.15
- h) El ventilador debe contar con guardas protectoras para las fajas.
- i) El ventilador debe contar con una base para aislar vibraciones.

Artículo 36.- Los dampers y los ductos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Los dampers deben ser listados según UL 555S.
- b) Los rodamientos de los dampers deben ser auto lubricados o de bronce.
- c) Las hojas deben ser galvanizadas
- d) Los ductos pueden ser de hierro, acero, aluminio, cobre, concreto, baldosas o mampostería según sea el caso.

e) Cuando los ductos se encuentren expuestos dentro del edificio deberán tener un cerramiento contrafuego de 2 horas (Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad.).

2.8.2. Consideraciones de Diseño Arquitectónico: Norma A010, Capítulo VI -

Circulación Vertical, Aberturas al Exterior, Vano y Puertas de Evacuación

Las escaleras de evacuación son aquellas a prueba de fuego y humos, sirven para la evacuación de personas y acceso al personal de emergencias.

Las escaleras presurizadas no están permitidas en edificios residenciales y estas deberán ser cerradas al exterior.

Deben ser continuas desde el primer nivel hasta el último piso en sentido vertical y/o horizontal, como mínimo el 50% de las escaleras deberán de llegar hasta la azotea (si existiera). Estas deben de entregar directamente hacia la vía pública o a un área protegido contra fuego y humo, esta área protegida deberá de conducir hacia la vía pública.

La escalera presurizada no deberá de ser continua a niveles inferiores al primer piso, si hubiera continuidad a niveles inferiores esta deberá de tener una barrera que impida a las personas que evacuen bajar accidentalmente a niveles inferiores, deberá de tener señalización que indique la vía de evacuación.

En el interior de la montante o caja de escalera no deberán existir obstáculos, materiales combustibles, aperturas, ductos y/o montantes; a excepción de los sistemas de seguridad contra incendios.

Las escaleras deberán ser construidas de material incombustible, tendrán una resistencia al fuego de una (01) hora en caso que tenga hasta quince metros (15m) de altura; de dos (02) horas en caso que tengan desde quince metros (15m) de altura hasta setenta y dos metros

(72m) de altura; y de tres (03) horas en caso que tengan desde setenta y dos metros (72m) de altura o más.

Las puertas, marcos y accesorios corta fuego deberán de tener una resistencia no menor a 75% de la resistencia de la caja de la escalera, también deberán de ser a prueba de humo de acuerdo con la Norma A.130.

Los pases desde el interior de la caja de la escalera deberán de ser sellados con materiales que tengan una resistencia similar a la caja de la escalera que los contengan (Norma Técnica A.010, Condiciones Generales de Diseño, 2014).

Capítulo 3. Desarrollo del Tema

3.1. Condiciones Iniciales

A continuación se enumera las condiciones iniciales para el cálculo de sobre la presión en la montante de la escalera:

- ¿ Se considera que en la montante el aire actúa como un medio hidrostático.
- ¿ Se considera el flujo de aire incompresible y permanente.
- ¿ La densidad a 20°C, $\rho = 1.205 \text{ kg/m}^3$ + ól $\rho = 1.205$
- ¿ Viscosidad Cinemática a 20°C, $\nu = 15.06 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ $\nu = 15.06$
- ¿ El Coeficiente de flujo a 75Pa, $C = 0.65$
- ¿ Temperatura Exterior de Diseño= 30°C.
- ¿ Temperatura Interna de Diseño=35°C

3.2. Datos Iniciales

La construcción es un edificio comercial que cuenta con 15 pisos de oficinas, todos los niveles son típicos (con variaciones de ambientación de los locatarios) de acuerdo a la Figura 14 y Figura 15, cuenta con una azotea donde se encuentra el equipo de ventilación, la montante de la escalera llega hasta la azotea, se tiene la siguiente información:

- ¿ Área del piso de la escalera (en un nivel) = 15.73 m^2 .
- ¿ Perímetro de la montante de la escalera = 18.46 m .
- ¿ Dimensiones de la puerta= $1.2 \text{ m} \times 2.1 \text{ m}$.
- ¿ Área de la puerta= 2.52 m^2 .
- ¿ Abertura alrededor de la puerta 0.004 m (4mm)
- ¿ Razón de Área de fuga de las paredes de la montante de la escalera, $\frac{A_f}{A_p} = 0.001$, para edificios de estanqueidad media de acuerdo a la Tabla 7.

¿ Razón de Área de fuga de las paredes del edificio, $\frac{A_f}{A_e} = 0.01$, para edificios de estanqueidad media de acuerdo a la Tabla 7.

¿ Perímetro del edificio = 131.29m.

¿ Altura por piso = 3.5m.

¿ Numero de puerta abiertas de la montante de la escalera al exterior = 1

¿ Numero de puerta abiertas en la montante de la escalera hacia el interior=3

¿ Fuerza máxima de apertura de una puerta en la montante de la escalera = 30 lbf (133.25N).

¿ Fuerza del cierra puertas y de fricción = 50N.

¿ Presión diferencial mínima entre la montante de la escalera y el edificio = 0.05 in de agua (12.45Pa).

¿ Presión diferencial entre la escalera y el edificio en el fondo de la montante, $\Delta P_{\text{fondo}} = 0.075$ in de Agua (18.68Pa), esta presión es mayor al mínimo de 0.05 in de columna de agua para darle un protección adicional al sistema.

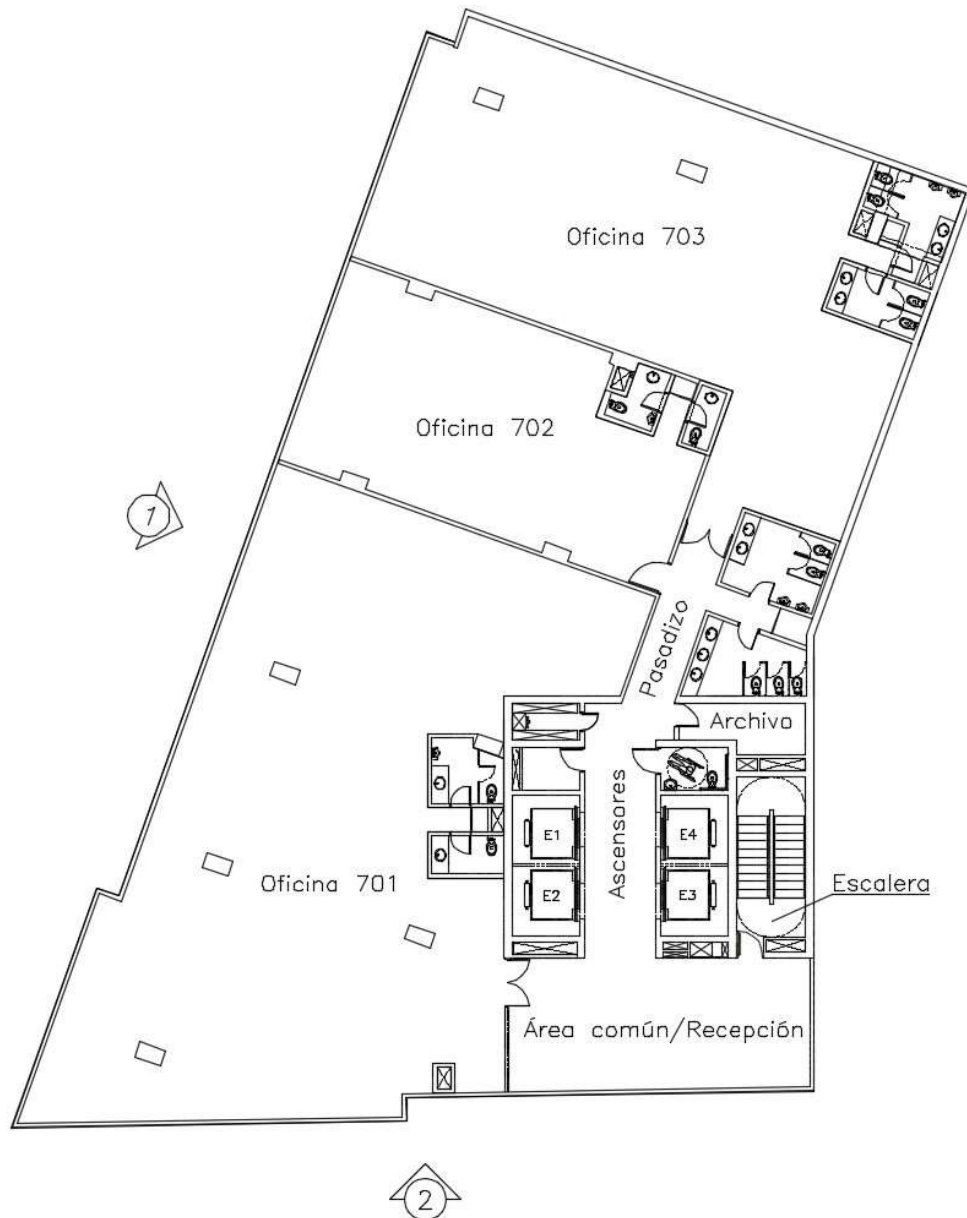


Figura 15, Piso típico del edificio.

3.2.1. Cálculo de la Presión Máxima de Diseño

Para el cálculo de la diferencia presión máxima de diseño en la puerta de emergencias se usará la ecuación (25), se cuenta con la siguiente información:

- ¿ Fuerza total de apertura de la puerta, $F = 133.44\text{N}$ (30 lbf.)
- ¿ Fuerza del cierre puertas y de fricción, $F_f = 50\text{N}$.

- ¿ Ancho de la puerta, 1.2m
- ¿ Área de la puerta, 2.52m²
- ¿ Distancia desde el borde de la puerta al punto de aplicación la fuerza de apertura, 0.25m.

Reemplazando en la ecuación (25), se tiene:

$$F = \frac{P \cdot A \cdot L}{L_0}$$

$$F = \frac{52.42 \cdot 2.52 \cdot 0.25}{0.25}$$

$$F = 33.08 \text{ Pa}$$

La Diferencia de presión máxima de diseño cuando todas las puertas de la montante estén cerradas es de 52.42 Pa (0.21 in de H₂O), si se supera esta presión en el momento de la evacuación se tendrá dificultad para la apertura de las puertas.

3.2.2. Cálculo de la Diferencia de Presión a la Altura del Techo de la Montante de la Escalera

El cálculo de la diferencia de presión a la altura del techo de la montante de la escalera se calcula de acuerdo a la ecuación (32); se realiza los cálculos previos.

3.2.2.1. Cálculo del Factor de Temperatura

Para el cálculo del Factor de temperatura T_f , se usará la ecuación (30), se cuentan con la siguiente información:

- ¿ Temperatura absoluta de aire exterior, 273.15 K
- ¿ Temperatura absoluta en la montante de la escalera, 273.15 K
- ¿ 3460 Pa K/m

Remplazando en la ecuación (30), se tiene:

$$\frac{Q_{\text{vent}}}{Q_{\text{total}}} = \frac{Q_{\text{vent}}}{Q_{\text{total}}}$$

$$\frac{Q_{\text{vent}}}{Q_{\text{total}}} = \frac{Q_{\text{vent}}}{Q_{\text{total}}}$$

Factor de temperatura

3.2.2.2. Cálculo de Áreas Efectivas de las Paredes del Edificio y de la Montante de la Escalera

Se tiene la siguiente información:

- ¿ Perímetro de la montante de la escalera = 18.46m.
- ¿ Dimensiones de la puerta= 1.2m x 2.1m.
- ¿ Abertura alrededor de la puerta 0.004m(4mm)
- ¿ Razón de fuga de las paredes de la montante de la escalera, $\mu =$

$$\mu = \frac{Q_{\text{fuga}}}{Q_{\text{total}}}$$

- ¿ Razón de fuga de las paredes del edificio, $\mu =$
- ¿ Perímetro del edificio = 131.29m.
- ¿ Altura por piso = 3.5m.

Se calcula:

- ¿ Área lateral del edificio = $131.29 \times 3.5 = 459.51 \text{ m}^2$
- ¿ Área lateral de la montante de la escalera = $18.46 \times 3.5 = 64.51 \text{ m}^2$
- ¿ Área de fuga alrededor de la puerta = $2 \times (1.2 + 2.1) \times 0.004 = 0.0264 \text{ m}^2$
- ¿ Área de flujo entre la montante de la escalera y el Edificio (se tiene una configuración en Serie);

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{edificio}} + Q_{\text{escalera}} + Q_{\text{puerta}}$$

\dot{Q}_{ext} = rea de flujo entre el edificio y el exterior;

律_合 唢_吸 2:2* 1:1k 1:1√ 我₁ 唢₁ 2:2√ 1:1挺_夏

La normativa indica que las escaleras deben de ser continuas desde el primer nivel hasta el último nivel en sentido vertical y/o horizontal, como mínimo el 50% de las escaleras deben de llegar hasta la azotea (Norma Técnica A.010, Condiciones Generales de Diseño, 2014). Por lo tanto la altura de la montante de la escalera se debe de calcular para 16 pisos, se tiene:

$$Y = 16 \times 3.5 = 56 \text{ m}$$

Para el cálculo de la diferencia de presión en el techo de la montante de la escalera se cuentan con la siguientes información:

¿ Presi En deferencial entre la escalera y el edificio en el fondo de la montante,

た補 増 咬 唸 ㊦ × ↓ × 0 é

Factor de temperatura, 温度係数

Altura de la montante de la escalera, 倭噏𠄎𠄎

3 rea de flujo entre la montante de la escalera y el Edificio, 楼梯间与建筑物的连接处


3. 存在建筑与外界之间的空气流动, 律级 $\square \cdot \square \cdot \square \cdot \square \cdot \square$ 延

Reemplazando en la ecuación (32), se tiene:

侮

大偏 唵 大偏 咄 —————
𠂔含 𠂔咬 𠂔 𠂔 𠂔 𠂔 𠂔 𠂔
[咄 𠂔 𠂔 𠂔 𠂔 𠂔]

大偏拾 曉   咍
   仔  
 咍 如        奴

大偏、小偏、中偏  Oé (PresiEn diferencial a la altura del techo de la montante de la escalera)

3.3. Cálculo de Caudal de Aire del sistema de Presurización de Escaleras

3.3.1. Cálculo de Caudal de Aire con Puertas Cerradas en la Montante de la Escalera

Para el cálculo de caudal de aire cuando se tiene todas las puertas cerradas en la montante de la escalera se calcula de acuerdo a la ecuación (38), se cuentan con la siguientes información:

- ¿ Presión diferencial entre la montante de la escalera y el edificio en la parte superior de la escalera cuando todas las puertas de la escalera están cerradas, P_{d1} Pa
- ¿ Diferencia de presión entre el fondo de la montante de la escalera y el edificio cuando todas las puertas de la escalera están cerradas, P_{d2} Pa
- ¿ Área de flujo entre la escalera y el edificio por piso cuando las puertas de la escalera están cerradas, A_{f1} m²
- ¿ Número de pisos, N
- ¿ Densidad del aire en la montante de la escalera, ρ kg/m³
- ¿ $C = 0.613$

Remplazando en la ecuación (38), se tiene:

$$Q_{f1} = C \sqrt{\frac{P_{d1} - P_{d2}}{\rho}} \sqrt{A_{f1}} \sqrt{N}$$

Q_{f1} Pa (Caudal de aire desde la montante de la escalera hasta el edificio con todas las puertas cerradas)

Para cálculos de caudal total del sistema se requiere el caudal de aire por cada nivel del edificio, puede ser calculado con la ecuación (39), se cuentan con la siguiente información:

- ¿ Caudal de aire con puertas cerradas en la montante de escaleras, Q_{f1} m³/s

¿ Número de pisos, 挟 唸 $\square \sqrt{\square}$, se tiene:

$$\text{作} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \text{作} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸}$$

$$\text{作} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \square \times \sqrt{\square} \square$$

$$\text{作} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \square \square \square \text{促} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{作}$$

Caudal de aire por piso con puerta cerrada, 俚 唸 $\square \square \square \square \square \square$ 便 唸 $\square \square \square \square \square \square$

3.3.2. Calculo de Caudal de Aire con Puertas Abiertas en la Montante de la Escalera

Para el cálculo de caudal de aire cuando se tiene las puertas abiertas en la montante de la escalera se puede calcular de acuerdo a la ecuación (42), esta ecuación se puede reescribir para ser uso de terminología similar a los precedentes, se tiene:

$$\text{作} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \text{俚} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \frac{\text{大} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \text{唸} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸}}{\text{大} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \text{唸} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸}}$$

Se calcula el área efectiva de flujo desde la montante de la escalera al edificio y al exterior mediante la ecuación (31), se tiene un flujo en paralelo, se tiene la siguiente información:

¿ Área de flujo entre la montante de la escalera y el Edificio, 俚 唸 $\square \square \square \square \square \square$ (Área de la puerta).

¿ Área de flujo entre el edificio y el exterior, 俚 唸 $\square \square \square \square \square \square$

Se calcula el área de flujo efectivo entre la montante de la escalera y el exterior, reemplazando la información en la ecuación (31), se tiene:

$$\text{作} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \frac{\text{俚} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸}}{\text{唸} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \text{俚} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸}}$$

$$\text{作} \frac{\text{唸}}{\text{唸}} \text{唸} \frac{\square \square \square \square \square \square \square \sqrt{\square}}{\square \square \square \square \square \square \square \sqrt{\square}}$$

$$Q_{\text{ext}} = \frac{C_d A \sqrt{2 \Delta P}}{\rho}$$

A continuaci3n calculamos el caudal con puertas abiertas hacia el edificio de acuerdo a la ecuaci3n (42) reescrita, se tienen la siguiente informaci3n:

¿ Número de pisos (con puertas abiertas), $N = 3$

¿ Área de flujo efectivo por piso desde la montante de la escalera al edificio y al exterior,

$$A_{\text{eff}} = \frac{A_{\text{door}}}{N} = \frac{1.5}{3} = 0.5 \text{ m}^2$$

¿ Diferencia de presi3n en la parte inferior de la montante de la escalera, $\Delta P_{\text{inf}} = 100 \text{ Pa}$

$$Q_{\text{inf}} = 0.5$$

¿ Diferencia de presi3n en la parte superior de la montante de la escale, $\Delta P_{\text{sup}} = 100 \text{ Pa}$

$$Q_{\text{sup}} = 0.5$$

¿ $C_d = 0.559$

Reemplazado en la ecuaci3n (42), se tiene:

$$Q_{\text{ext}} = \frac{C_d A \sqrt{2 \Delta P}}{\rho} = \frac{0.559 \cdot 0.5 \cdot \sqrt{2 \cdot 100}}{1.2} = 0.942 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{ext}} = \frac{C_d A \sqrt{2 \Delta P}}{\rho} = \frac{0.559 \cdot 0.5 \cdot \sqrt{2 \cdot 100}}{1.2} = 0.942 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{ext}} = 0.942 \text{ m}^3/\text{s} = 1996 \text{ cfm}$$

El caudal de aire cuando se tiene tres (03) puertas abiertas en la montante de la escalera hacia el edificio es de $0.942 \text{ m}^3/\text{s}$ (1,996cfm).

4.4.2 Cálculo de Caudal de Aire con Puerta Abierta al Exterior del Edificio

El cálculo del caudal directamente hacia el exterior se puede estimar con la ecuaci3n (43), se tiene la siguiente informaci3n:

¿ Coeficiente de flujo, adimensional, $C_d = 0.6$

¿ Área de flujo entre la escalera y el exterior, $A_{\text{door}} = 1.5 \text{ m}^2$ (Área de la puerta).

¿ Diferencia de presión entre la escalera y el exterior, ΔP_{e-e} (0.05 In H₂O)

¿ Densidad del aire, ρ_a

¿ $\rho_a = 1$

Reemplazando en la ecuación (43), se tiene:

$$Q_{e-e} = \frac{C_d A_{e-e} \sqrt{2 \Delta P_{e-e}}}{\rho_a}$$

$$Q_{e-e} = \frac{C_d A_{e-e} \sqrt{2 \Delta P_{e-e}}}{\rho_a}$$

$$Q_{e-e} = 7.46 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (15,806.8 cfm)}$$

El Caudal desde la montante de la escalera al exterior es 7.46 m³/s (15,806.8cfm), este caudal es superior como indica la teoría, debido a que entrega aire directamente al exterior, en comparación con los caudales de aire que ingresan al edificio desde la montante.

3.3.4. Cálculo de Caudal Suministrado a la Montante de la Escalera

El caudal total se puede calcular de acuerdo a la ecuación (44), se tiene la siguiente información:

¿ Número de pisos con puertas cerradas, N_p (16 -3-1)

¿ Caudal de aire por puerta cerrada, Q_{p-c}

¿ Caudal de aire por las puertas abiertas hacia el edificio, Q_{p-a}

¿ Caudal de aire hacia el exterior, Q_{e-e}

Reemplazando en la ecuación (44), se tiene:

$$Q_{t-e} = Q_{p-c} + Q_{p-a} + Q_{e-e}$$

$$Q_{t-e} = 1.11 + 1.11 + 7.46 = 9.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{interior}} + Q_{\text{exterior}} + Q_{\text{ventilador}}$$

El caudal total del sistema Q_{total} se utilizará para calcular las dimensiones de los conductos, las pérdidas que generen su flujo y la selección del ventilador.

3.4. Cálculo de Características del Dampers Barométrico

El caudal del dampers barométrico es calculado de acuerdo a la ecuación (47), se tiene la siguiente información para el cálculo del caudal desde la montante al exterior a través del dampers barométrico:

¿ Caudal Total desde la montante de la escalera al edificio y al exterior, Q_{total}

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{interior}} + Q_{\text{exterior}}$$

¿ Caudal de aire desde la montante de la escalera hasta el edificio, Q_{interior}

Reemplazando en la ecuación (47), se tiene:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{interior}} + Q_{\text{exterior}}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{interior}} + Q_{\text{exterior}}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{interior}} + Q_{\text{exterior}}$$

Se calcula el área del dampers barométrico de acuerdo a la ecuación (46), se tiene la siguiente información:

¿ Caudal desde la montante al exterior a través del dampers barométrico, Q_{exterior}

$$Q_{\text{exterior}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{interior}}$$

¿ Coeficiente de flujo, adimensional, C_d

¿ Diferencia de presión entre la escalera y el edificio, ΔP (presión máxima para garantizar la apertura de puertas).

¿ Densidad del aire, Kg/m³, 空气密度

¿ 空气密度

Reemplazando en la ecuación (46), se tiene:

$$\eta_{\text{a}} = \frac{\rho_{\text{a}}}{\rho_{\text{a}}} \cdot \frac{\eta_{\text{a}}}{\eta_{\text{a}}}$$

$$\eta_{\text{a}} = \frac{\sqrt{\frac{\rho_{\text{a}}}{\rho_{\text{a}}}}}{\sqrt{\frac{\rho_{\text{a}}}{\rho_{\text{a}}}}}$$

$$\eta_{\text{a}} = \frac{\rho_{\text{a}}}{\rho_{\text{a}}}$$

El área del damp barométrico resultante deberá corroborarse con los datos técnicos emitidos por el fabricante, esta información es una aproximación a área real del damp barométrico.

3.5. Cálculo de Dimensiones de Conductos

El cálculo de las dimensiones de los conductos, se iniciará con el tramo A-B que se muestra en la Figura 16; se cuenta con la siguiente información:

¿ El material a usarse en los conductos será de plancha galvanizada, unidas con correderas cada 1200mm de distancia o bridas de acuerdo a sus dimensiones.

¿ Coeficiente de rugosidad absoluta del conducto de plancha galvanizada, 0.09mm.

¿ Caudal de aire en el conducto, 1000 m³/h

¿ Velocidad del aire en el conducto de plancha galvanizada, 9m/s; la velocidad recomendada para aire en conductos de descarga de ventiladores para edificios públicos se encuentra entre 6.604m/s y 10.160m/s, según la Tabla 6.

¿ Longitud de conducto de plancha galvanizada, 1m; se evaluará para un conducto de un metro.

A continuaci3n de hallar el di3metro (di3metro equivalente) del conducto, usando la ecuaci3n de continuidad (3)

侖曉侖

¿ Despejando el di3metro en la ecuaci3n (3) y reemplazando la informaci3n se tiene:

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{v_2}{v_1}$$

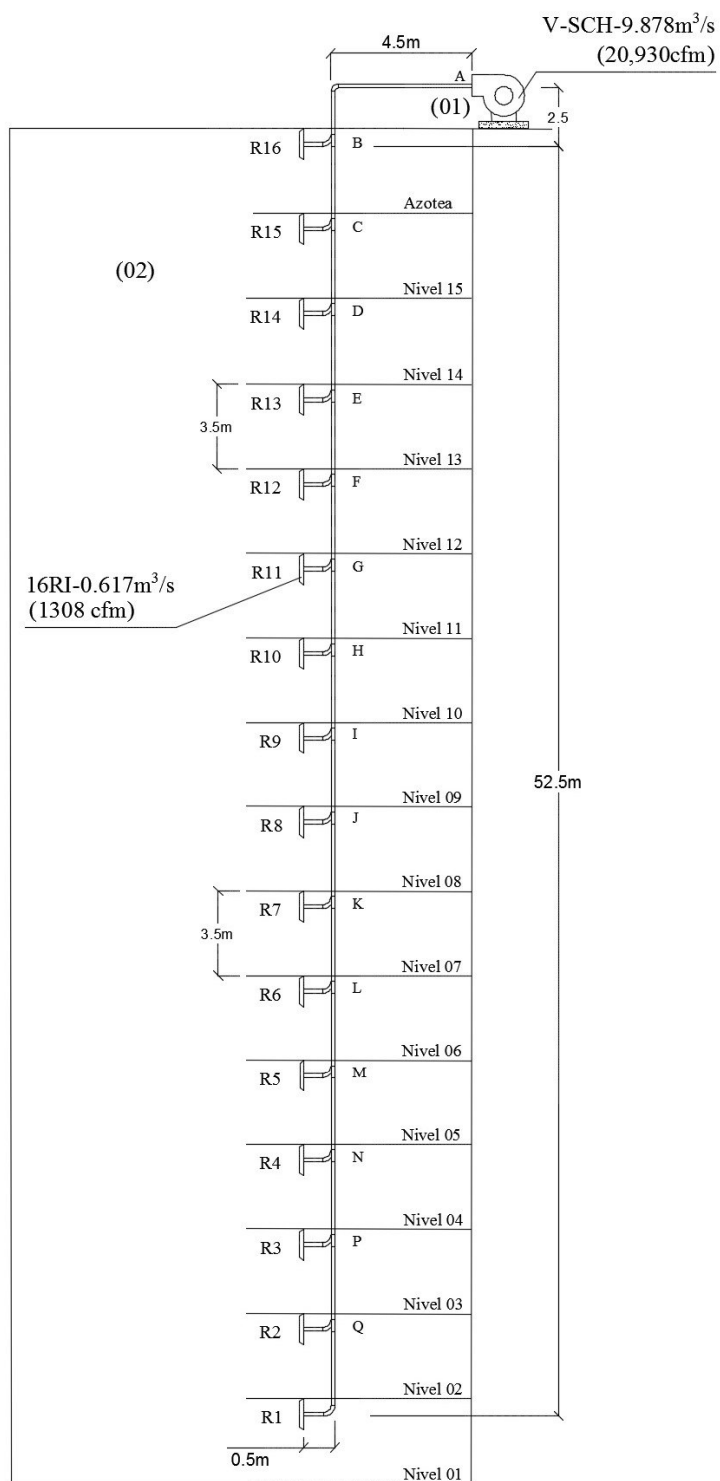


Figura 16, Conductos de Aire del sistema de presurización de escaleras.

Para el cálculo de la caída de presión en el conducto se reemplazando la información en la ecuación (11), esta caída de presión se usará para calcular las diferentes dimensiones de los conductos del sistema; se tiene:

$$\Delta P = \frac{f L \dot{V}^2}{2 g A^3} \quad (12)$$

$$\Delta P = \frac{f L \dot{V}^2}{2 g A^3} \quad (13)$$

$$\Delta P = \frac{f L \dot{V}^2}{2 g A^3} \quad (14)$$

La pérdida de presión por cada metro de conducto es de 0.6 Pa/m; esta diferencia de presión será la constante para el cálculo de las dimensiones de los demás conductos, la otra opción para el cálculo de esta caída de presión es mediante la ecuación de Darcy-Weisbach (4).

Los conductos a instalarse serán rectangulares, Las dimensiones del conducto rectangular pueden ser calculadas con la ecuación (14), se tiene la siguiente información:

- ¿ Diámetro del conducto (Diámetro equivalente), $\phi = 100 \text{ mm}$
- ¿ Longitud de un lado del conducto, $L = 1000 \text{ mm}$; (Se toma esta medida de acuerdo a la arquitectura de la edificación).
- ¿ Longitud del lado adyacente del conducto, $L = 1000 \text{ mm}$

$$\Delta P = \frac{f L \dot{V}^2}{2 g A^3} \quad (15)$$

Para la solución de la ecuación (14) se usará el método de Newton-Raphson para hallar una solución de la ecuación, se tiene:

$$\Delta P = \frac{f L \dot{V}^2}{2 g A^3} \quad (16)$$

Se tiene que $\Delta P = 0.6 \text{ Pa/m}$, Se reemplaza en la ecuación para la primera iteración:

$$V_{\text{m}} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}$$

Se tiene que

Se tiene que $V_{\text{m}} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}$

Las dimensiones del conducto R16-B serian:

¿ Longitud de un lado del conducto, $L = \sqrt{A} \text{ mm}$;

¿ Longitud del lado adyacente del conducto, $L_{\text{a}} = \sqrt{A} \text{ mm}$

La velocidad en el conducto se calcula para un ducto circular y de acuerdo a la ecuación de continuidad (3), se tiene la siguiente información:

¿ Diámetro del conducto, $D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

¿ Caudal de aire en el conducto, $Q = V \cdot A$

Se tiene:

Se tiene que

Se despeja la velocidad en la ecuación (3) para un conducto de área transversal circular, se tiene:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}$$

Este mismo procedimiento se realiza para todos los conductos del sistema, a continuaci3n se hace un resumen de los resultados obtenidos en la Tabla 9:

Tabla 9
Resumen de Cálculos de Dimensiones, Velocidades y Caudales de Conductos.

Sección	Caudal (m³/s)	Velocidad (m/s)	Perdida por fricción, (Pa/m)	Diámetro Equivalente, (mm)	Dimensiones del Ducto, (mm)
A-C	9.878	9.000	0.600	1182.0	1200x1000
C-E	8.643	8.704	0.600	1124.5	1100x950
E-G	7.409	8.373	0.600	1061.4	1050x900
G-I	6.174	7.999	0.600	991.3	1000x850
I-J	4.939	7.563	0.600	911.9	900x800
J-K	4.322	7.314	0.600	867.4	900x700
K-L	3.704	7.036	0.600	818.7	800x700
L-M	3.087	6.721	0.600	764.7	800x600
M-N	2.470	6.355	0.600	703.4	800x550
N-P	1.852	5.912	0.600	631.6	700x500
P-Q	1.235	5.340	0.600	542.6	600x400
Resto (B,C,D y P,Q)*	0.617	4.487	0.600	418.5	600x300

*Dimensionamiento de ducto de las descargas de aire a la montante de la escalera desde R1-B, R2-C, R3-D, hasta R16-Q.

Resumen de cálculos de dimensionamiento de ductos de plancha galvanizada del sistema de presurización de escaleras.

3.5.1. Selección de Rejillas de Inyección de Aire.

Se seleccionan las rejillas de acuerdo al catálogo N° 0196-4 del fabricante Koolair S.A., cuyas características son:

- ¿ Tipo de rejilla: Doble deflexión.
- ¿ Material: Aluminio o Plancha Galvanizada.

- ¿ Caudal de aire por rejilla, $Q_{\text{rejilla}} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$
- ¿ Dimensiones de la rejilla: 600mmx300mm.
- ¿ Velocidad de efectiva: 6.3 m/s
- ¿ Caída de presión: 15.9Pa y 19.1 Pa para una inclinación de aletas de 0° y 30° respectivamente.
- ¿ Índice nivel sonoro: 41dB y 43dB para una inclinación de aletas de 0° y 30° respectivamente. (Koolair S. A., 2018)

3.6. Cálculo de Pérdidas en Conductos

Se calcula la pérdida del recorrido con mayor caída de presión, para este sistema coincide con el tramo de mayor recorrido.

Se inicia con el cálculo de pérdida en el tramo de ducto A-B, se tiene la siguiente información:

- ¿ Caudal de Aire en el conducto, $Q_{\text{ducto}} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$
- ¿ Diámetro del conducto, $\phi = 0.15 \text{ m}$
- ¿ Viscosidad Cinemática, $\nu = 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Se calcula el Número de Reynolds de acuerdo a la ecuación (6), se tiene:

$$Re = \frac{Q_{\text{ducto}}}{\nu \cdot \phi}$$

$$Re = \frac{0.15 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{\pi \cdot (0.15 \text{ m})^2 \cdot 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 2.67 \times 10^5$$

A continuación se calcula el coeficiente de fricción. Se cuenta con los siguientes datos:

- ¿ Rugosidad Relativa, $\epsilon/\phi = 0.00015 \text{ m} / 0.15 \text{ m} = 0.001$

¿ Numero de Reynolds, $\text{Re} = \frac{\rho V D}{\mu}$ 雷诺数 $\text{Re} = \frac{\rho V D}{\mu}$

El coeficiente de fricción se calcula de acuerdo a la ecuación de Colebrook, se procede con la primera aproximación del Coeficiente de Fricción mediante la ecuación de Swamee y Jain (10):

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

Se tiene el Coeficiente de fricción $f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$ a continuación se reemplazara en la ecuación de Colebrook (9) iterando los resultados hasta obtener soluciones similares, se tiene:

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

Se tiene el Coeficiente de fricción $f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$ se continúa iterando, se tiene:

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$$

Se tiene el Coeficiente de fricción, $f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$

La pérdida de Altura se calcula usando la ecuación de Darcy-Weisbach (4), se tiene la siguiente información:

¿ Coeficiente de fricción, $f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{1}{\text{Re}} + \frac{10^{-6}}{\text{Re}} \right) \right]^2}$

- ¿ Longitud del Conducto, L m
- ¿ Diámetro del conducto, D m
- ¿ Velocidad del aire, V m/s
- ¿ Gravedad, g m/s²

Se reemplaza la información en la ecuación (4), se tiene:

$$h_{fL} = \frac{f L V^3}{2 g D^5}$$

$$h_{fL} = \frac{0.02 \times 10 \times (10)^3}{2 \times 9.81 \times (0.05)^5}$$

$$h_{fL} = 16.33 \text{ m}$$

La pérdida en el tramo de ducto A-B es, $h_{fL} = 16.33 \text{ m}$

Calculo de pérdida en el codo del tramo A-B, de acuerdo a la Tabla 2, se tiene la siguiente información:

$$K_{90^\circ} = 0.3$$

$$K_{45^\circ} = 0.2$$

- ¿ Coeficiente de Perdidas, K
- ¿ Velocidad del aire, V m/s
- ¿ Gravedad, g m/s²

Se calcula la pérdida en la conexión de acuerdo a la ecuación (13), se tiene:

$$h_{fK} = \frac{K V^3}{2 g D^5}$$

$$h_{fK} = \frac{0.3 \times (10)^3}{2 \times 9.81 \times (0.05)^5}$$

$$h_{fK} = 3.27 \text{ m}$$

La pérdida en el codo del tramo de ducto A-B es, $\Delta P_{\text{codo}} = K \frac{\rho V^2}{2}$

Para el cálculo de pérdida en tramo B-C del ducto se tiene la siguiente información:

- ¿ Caudal de Aire en el conducto, $Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$
- ¿ Diámetro del conducto, $D = 0.1 \text{ m}$
- ¿ Viscosidad Cinemática, $\nu = 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Se calcula el Número de Reynolds de acuerdo a la ecuación (6), se tiene:

$$Re = \frac{V D}{\nu}$$

$$Re = \frac{0.5 \times 0.1}{1.5 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 3333.33$$

A continuación se calcula el coeficiente de fricción se cuenta con los siguientes

datos:

- ¿ Rugosidad Relativa, $\epsilon/D = 0.00015/0.1 = 0.0015$
- ¿ Numero de Reynolds, $Re = 3333.33$

El coeficiente de fricción se calcula de acuerdo a la ecuación de Colebrook, se procede con la primera aproximación del Coeficiente de Fricción mediante la ecuación de Swamee y Jain (10):

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.0015}{3.7} + \frac{5.74}{3333.33^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.024$$

Se tiene $\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$ a continuaci3n se reemplazara en la ecuaci3n de Colebrook

(9) iterando los resultados hasta tener soluciones similares, se tiene:

$$\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

Se tiene $\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$ se contin3a iterando, se tiene:

$$\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

Se tiene el Coeficiente de fricci3n, $\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$

La p3rdida de Altura se calcula usando la ecuaci3n de Darcy-Weisbach (4), se tiene la siguiente informaci3n:

- ¿ Coeficiente de fricci3n, $\lambda = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}}$
- ¿ Longitud del Conducto, $L = 100 \text{ m}$
- ¿ Di3metro del conducto, $D = 0.05 \text{ m}$
- ¿ Velocidad del aire, $V = 10 \text{ m/s}$
- ¿ Gravedad, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Se reemplaza la informaci3n en la ecuaci3n (4), se tiene:

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0.025 \sqrt{\frac{L}{D}} \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

La pérdida en el tramo de ducto A-B es, $h_{fAB} = 0.332 \text{ m}$

La pérdida en el tramo de ducto B-C es, $h_{fBC} = 0.147 \text{ m}$

Coeficiente de pérdida en la reducción K_c , de acuerdo a la Tabla 3, se tiene la siguiente información:

$$K_c = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K_c = \left(1 - \frac{0.00785}{0.00785}\right)^2 = 0$$

¿ Coeficiente de Perdidas, $K_c = 0$

¿ Velocidad del aire, $V = 6 \text{ m/s}$

¿ Gravedad, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Se calcula la pérdida en la conexión de acuerdo a la ecuación (13), se tiene:

$$h_{fAB} = \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{fAB} = \frac{6^2}{2 \times 9.81} = 1.835 \text{ m}$$

$$h_{fAB} = 0.332 \text{ m}$$

La pérdida en la reducción K_c es, $h_{fBC} = 0.147 \text{ m}$

Este mismo procedimiento se realiza para todos los conductos del sistema, a continuación se hace un resumen de los resultados obtenidos en la Tabla 10:

Tabla 10
Resumen de Perdidas de Altura en el Ramal más crítico del sistema.

Sección	Caudal $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	Velocidad $V \text{ (m/s)}$	Diámetro Equivalente $D_e \text{ (m)}$	Longitud $L \text{ (m)}$	Coeficiente de Perdidas K_c	Perdida de Altura $h_f \text{ (m)}$
Ducto A-B	9.878	9.000	1182.0	7.00	-	0.332
Ducto B-C	9.261	8.439	1182.0	3.50	-	0.147

Ducto C-D	8.643	8.704	1124.5	3.50	-	0.165
Ducto D-E	8.026	8.082	1124.5	3.50	-	0.144
Ducto E-F	7.409	8.373	1061.4	3.50	-	0.165
Ducto F-G	6.791	7.676	1061.4	3.50	-	0.140
Ducto G-H	6.174	7.999	991.3	3.50	-	0.164
Ducto H-I	5.556	7.199	991.3	3.50	-	0.135
Ducto I-J	4.939	7.563	911.9	3.50	-	0.163
Ducto J-K	4.322	7.314	867.4	3.50	-	0.163
Ducto K-L	3.704	7.036	818.7	3.50	-	0.162
Ducto L-M	3.087	6.721	764.7	3.50	-	0.162
Ducto M-N	2.470	6.355	703.4	3.50	-	0.161
Ducto N-P	1.852	5.912	631.6	3.50	-	0.160
Ducto P-Q	1.235	5.340	542.6	3.50	-	0.159
Ducto Q-R 1	0.617	4.487	418.5	4.00	-	0.181
Codo A-B	-	9.000	-	-	0.1600	0.661
Codo Q-R 1	-	4.487	-	-	0.1400	0.144
Reducción C	-	8.439	-	-	0.0557	0.207
Reducción E	-	8.082	-	-	0.0555	0.185
Reducción G	-	7.676	-	-	0.0556	0.167
Reducción I	-	7.199	-	-	0.0559	0.148
Reducción J	-	7.563	-	-	0.0557	0.162
Reducción K	-	7.314	-	-	0.0556	0.152
Reducción L	-	7.036	-	-	0.0558	0.141
Reducción M	-	6.721	-	-	0.0555	0.128
Reducción N	-	6.355	-	-	0.0563	0.116
Reducción P	-	5.912	-	-	0.0573	0.102
Reducción Q	-	5.340	-	-	0.0567	0.082
Descarga/Succión	-	-	-	-	-	3.304

Filtro de Aire	-	2.540	-	-	-	10.337
Rejillas R1	0.617	6.300	-	-	-	1.618
Pérdida Total del Sistema						20.357

Los accesorios tienen grandes caídas de presión se deben de tener cuidado para seleccionar un adecuado equipo de ventilación, para la fabricación de conductos y accesorios se deben de tener en cuenta los estándares que publica SMA CNA, Grafico basado en (Pita, 2000).

La Pérdida total del sistema es:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{filtro}} + P_{\text{rejillas}} + P_{\text{curvas}} + P_{\text{accesorios}} + P_{\text{longitudinal}} + P_{\text{velocidad}} + P_{\text{densidad}} + P_{\text{gravedad}}$$

3.7. Selección del Equipo de Ventilación

La presión que debe vencer el ventilador para descargar aire en la zona presurizada con el caudal requerido se calcula de acuerdo a la ecuación (19) y la figura 16, se tiene la siguiente información:

- ¿ Presión a la entrada del conducto, P_{entrada}
- ¿ Presión en la descarga del conducto, P_{descarga} se tomara como presión en la montante de la escalera de 0.075(18.68Pa) pulgadas de columna de agua para tener un factor de seguridad.
- ¿ Altura de la entrada de aire al conducto, H_{entrada}
- ¿ Altura de la primera descarga de aire del conducto, H_{descarga}
- ¿ Velocidad de ingreso y salida de aire, V
- ¿ Pérdida total en el conductos y accesorios, P_{total}
- ¿ Densidad del aire, $\rho = 1.204 \text{ Kg/m}^3$.
- ¿ Gravedad, $g = 9.807 \text{ m/s}^2$.

Reemplazando la información en la ecuación (19), se tiene:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{filtro}} + P_{\text{rejillas}} + P_{\text{curvas}} + P_{\text{accesorios}} + P_{\text{longitudinal}} + P_{\text{velocidad}} + P_{\text{densidad}} + P_{\text{gravedad}}$$

La grafica de funcionamiento del ventilador es:

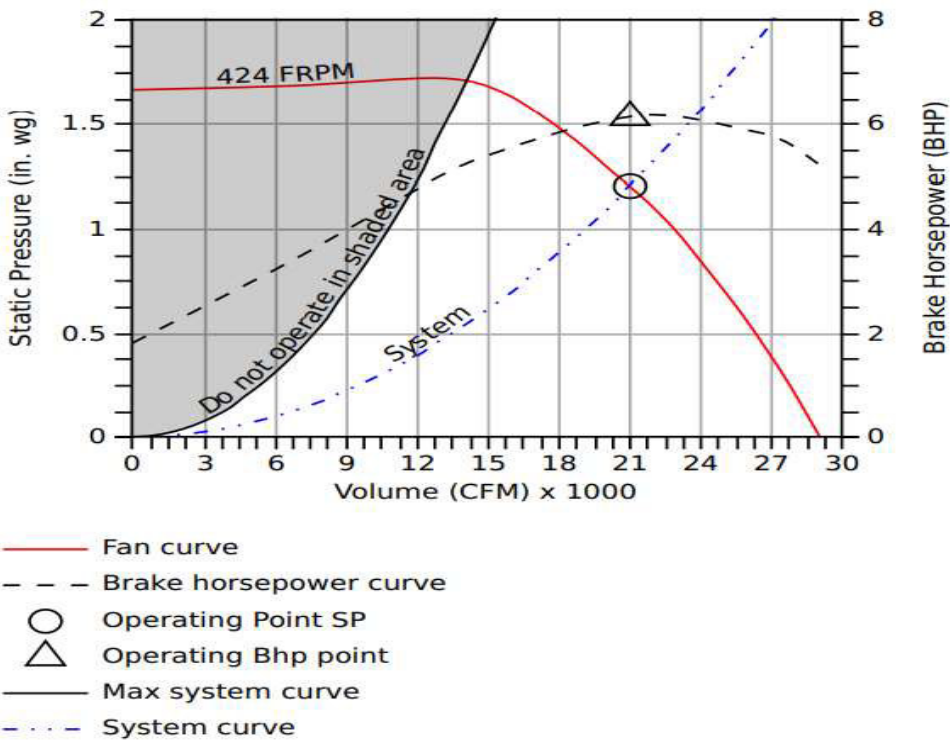


Figura 17, Curvas características de ventilador seleccionado. Modelo USF-449-BI (Greenheck Fan Corporation, 2018).

Tabla 11
Características de Ventilador Seleccionado del sistema de presurización de escaleras.

Descripción	Característica / Cantidad
Fabricante	Greenheck Fan Corp.
Modelo	USF-449-BI
Caudal	21,000 cfm
Perdida de Fricción	0.1 in. wg
Frecuencia del Ventilador	424 rpm
Potencia de Operación	6.1 BHP
Eficiencia	69%
Características Eléctricas	230V - 60 Hz - 3 Ph

Para mayor información recurrir a las paginas www.amca.org/certified - www.greenheck.com/products.

Potencia del Motor (hp)	7-1/2
FLA (A)	22A

4.1. Discusión de Resultados

En el mercado nacional existen varios métodos de c culo de presurización de escaleras, los principales son el método de la ASHRA E (descritos en este trabajo) y el de la UNE; los caudales resultantes por estos métodos están sobre los 19,000 Cfm ($8.97 \text{ m}^3/\text{s}$   $32,281 \text{ m}^3/\text{h}$) si se tiene resultados menores se sugiere dar una revisión de los c culos realizados, así mismo si se tiene que construir un sistema de presurización de escalera es una buena medida el recalculer las dimensiones de los conductos, el caudal de aire del sistema y la selección del ventilador e informar al locatario o a la supervisión las diferencias que podrían existir en los resultados proyectados y recalculados.

En la puesta en marcha y entrega del sistema de debe de verificar la fuerza de apertura de puertas que deber de ser menor o igual a 133.44N (30 lbf.), la diferencia de presión entre la montante de la escalera y el edificio que deber de estar comprendido entre 0.05 (12.45Pa) y 0.45 (112.09Pa) pulgadas de columna de agua para edificios protegidos al 100% con rociadores, el caudal de aire que se inyecta por piso cuando se tiene la carga máxima de aire, las características eléctricas del motor del ventilador a plena carga, el Amperaje deber de estar por debajo de la placa del motor eléctrico; se deber de verificar visualmente como mínimo el sellado de los conductos de plancha galvanizada (o el material con que se construya) que transportan aire al sistema de presurización.

El mantenimiento del sistema deber de ser periódico; se deber de simular el caso extremo de funcionamiento, esto es la apertura de la puerta que da hacia el exterior y puertas abiertas al edificio para verificar el adecuado funcionamiento del sistema. Se deber de verificar el adecuado funcionamiento del d mper barométrico, de los sensores diferenciales de presión instalados en la montante de la escalera y de los sensores de humo instalados en el ingreso y salida de aire del ventilador.

4.2. Conclusiones

El sistema presentado en este trabajo es diseñado para un edificio de 15 pisos y una azotea donde se llega por la escalera presurizada, la altura por piso es de 3.5m, se considera para el cálculo tres puertas abiertas al interior del edificio en simultaneo y la puerta hacia el exterior abierta durante toda la emergencia.

¿ La máxima diferencia de presión entre el edificio y la montante de la escalera presurizada es de 0.21 Pulgadas de columna de agua (52.42 Pa), esta presión se encuentra entre 0.05 y 0.45 Pulgadas de columna de agua (12.45Pa a 112.09Pa) cumpliendo lo establecido en la normativa nacional A 130.

¿ El caudal de aire de inyección a la montante de la escalera cuando se tiene la puerta al exterior abierta y tres puertas abiertas de la montante de la escalera hacia el edificio es $9.878\text{m}^3/\text{s}$ (20,930 cfm), este caudal es el máximo del sistema; el mínimo caudal de aire a inyectarse en la montante de la escalera es de $9.43\text{m}^3/\text{s}$ (19,981cfm), este caudal está calculado teniendo la puerta abierta al exterior y todas las demás puertas de la montante de la escalera cerradas, en este caso ingresa aire al edificio por las porosidades de las paredes y las ranuras de las puertas.

¿ Las dimensiones del conducto de plancha galvanizada para transportar aire a un caudal de $9.878\text{m}^3/\text{s}$ (20,930cfm) es de 1200mmx1000mm, siendo el caudales máximo del sistema, el conducto para transportar aire a un caudal de $0.617\text{m}^3/\text{s}$ (1,307cfm) es de 600mmx300mm este conducto entrega aire al sistema en cada piso, la rejilla de descarga seleccionada es de doble deflexión y sus medidas de fábrica son 600mmx300mm, para tener mayor detalle de las dimensiones de los conductos calculados ver la Tabla 9.

¿ El ventilador seleccionado es de la fábrica Greenheck Fan Corp.; el modelo seleccionado es USF-449-BI, este equipo suministrará $9.878\text{m}^3/\text{s}$ (20 930 cfm) de aire a la montante de la escalera venciendo la pérdida por fricción de 288.57 Pa (1.2 in H₂O) del

sistema, este ventilador centrífugo es de alabes curvados hacia atrás consumir 22A a 230V /60Hz/3Ph de energía eléctrica con una eficiencia del 69%.

¿ El caudal del dampers barométrico seleccionado es de $7.908 \text{ m}^3/\text{s}$ (16,756cfm) e inicio de apertura a 0.05 in H₂O (12.45Pa) y con una apertura total a 0.21 in H₂O (52.42Pa), el área aproximada del dampers es de 1.30 m^2 .

4.3. Recomendaciones

A continuación se enumera una serie de recomendaciones que deberán ser evaluados de acuerdo a las condiciones del proyecto.

¿ El mantenimiento preventivo y la puesta en marcha del sistema será periódico con un intervalo máximo de tres meses, el periodo de mantenimiento se evaluará de acuerdo a las condiciones del entorno; durante el mantenimiento se registrará los parámetros de funcionamiento del equipamiento, se anotará cualquier observación que pueda comprometer el buen funcionamiento del sistema, la empresa encargada de este mantenimiento tiene que ser una empresa especializada.

¿ El ventilador se seleccionará teniendo en cuenta la sobrecarga del motor y de la red de alimentación eléctrica, los ventiladores de alabes curvados hacia atrás reducen la posibilidad de sobrecargas eléctricas, el variador de frecuencia ayuda a eliminar esta posible anomalía de funcionamiento.

¿ En la selección de la ubicación del dampers barométrico se tomará en cuenta la dirección de la corriente de aire, esto disminuirá la posibilidad de generar una fuerza que impida la apertura del dampers.

¿ Debido a la estimación aproximada del área de fugas, el caudal de aire del ventilador tiene que ajustarse a niveles aceptables de presurización en la primera puesta en marcha del sistema.

Referencias

- American Air Filter Company, Inc. (12 de 02 de 2018). AAF Flanders. Obtenido de www.aafintl.com: <https://www.aafintl.com/en/commercial/browse-products/commercial/media-pads-and-rolls>
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2001). 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Asociacion Española de Normalizacion y Certificacion (AENOR). (Diciembre de 2006). Sistema para Control de Humo y de Calor. UNE-ENE 121001-6. Madrid, España: AENOR.
- Carrier. (2009). Manual de Aire Acondicionado. Barcelona: Marcombo, S.A.
- Gerhart, P. M., Gross, R. J., & Hochstein, J. I. (1995). Fundamentos de Mecánica de Fluidos. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana S. A.
- Greenheck Fan Corporation. (02 de 02 de 2018). Greenheck. Obtenido de www.greenheck.com: <http://www.greenheck.com/products/detail/26>
- Hassan, O., & Yue, Z. (2002). Pressure Drop in and Noise Radiation from Rectangular. Energy efficient and healthy buildings in sustainable cities (pág. 6). Lyon: Air Infiltration and Ventilation Centre.
- Klote, J. H., & Milke, J. A. (2002). Principles of Smoke Management. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers, Inc.
- Klote, J. H., Milke, J. A., Turnbull, P. G., Kashef, A., & Ferreira, M. J. (2012). Handbook of Smoke Control Engineering. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Koolair S. A. (13 de Febrero de 2018). Koolair. Obtenido de www.koolair.com: <http://www.koolair.com/catalogo/rejillas-de-impulsion-20-dh/>

- Loren Cook Company. (14 de Febrero de 2018). Cook. Obtenido de <http://www.lorencook.com/>: <http://www.lorencook.com/cacf.asp>
- McQuiston, F. C., Parker, J. D., & Spitler, J. D. (2003). Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Mexico: Limusa, S.A.
- Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. Mexico: Pearson Educación.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2012). NFPA 92, Standard for Smoke Control Systems. Quincy: National Fire Protection Association (NFPA).
- Norma Técnica A.010, Condiciones Generales de Diseño. (09 de Mayo de 2014). Norma Técnica A.010, Condiciones Generales de Diseño. Lima, Lima, Perú: Diario Oficial el Peruano.
- Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad. (s.f.). Norma Técnica A.130, Requisitos de Seguridad. Lima, Lima, Perú: Diario Oficial el Peruano.
- Pita, E. G. (2000). Acondicionamiento de Aire Principios y Sistemas. Mexico, Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Shames, I. H. (1995). Mecánica de fluidos. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S. A.
- White, F. M. (1998). Fluid Mechanics. Boston: McGraw-Hill Higher Education.

Anexos

Anexo A: Datos técnicos de Rejillas de Doble Deflexión.

Anexo B: Condiciones generales de diseño -NORMA A.010

Anexo C: Requisitos de seguridad - NORMA A.130

CAPITULO I - Sistemas de evacuación.

CAPITULO II - Señalización de seguridad.

CAPITULO III - Protección de barreras contra el fuego.

CAPITULO IV - Sistemas de detección y alarma de incendios.

KOOLAIR

serie

20.1

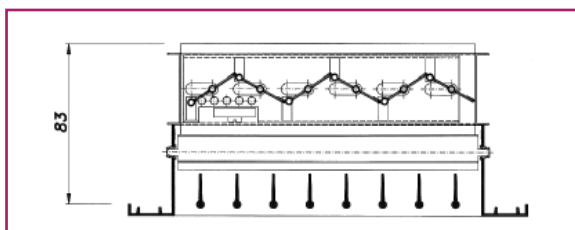
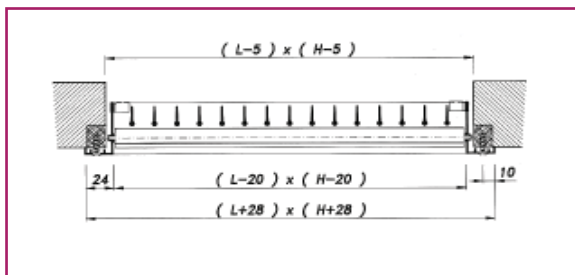
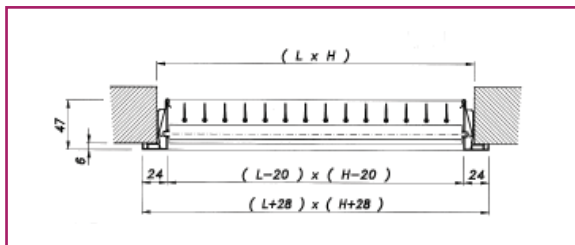
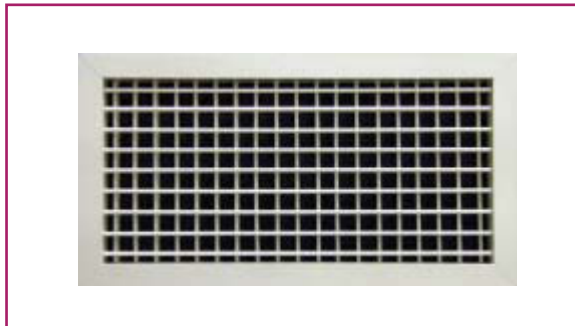
Rejillas de impulsión



www.koolair.com



Rejillas de doble deflexión (impulsión)



Descripción

Modelo 20-DH. Rejillas de aluminio, aletas orientables.

Modelo 21-DH. Rejillas de chapa de acero, aletas orientables.

Acabados

Aluminio anodizado en su color.

Chapa de acero pintada en blanco RAL 9010.

Acabados especiales bajo demanda.

Dimensiones sobre marco de montaje

En el montaje de rejillas sobre marco metálico, la dimensión de hueco se corresponde con la dimensión nominal de las rejillas.

Así, una rejilla de 500 x 300 mm, precisará un hueco de las mismas dimensiones.

Dimensiones sobre paramento para atornillar

En el montaje sobre paramento para atornillar, para calcular la dimensión del hueco libre, deberá disminuirse 5 mm, tanto en largo como en alto, la dimensión nominal de la rejilla. Así para una rejilla de 500 x 300 mm, el hueco deberá ser de 495 x 295 mm.

Doble deflexión con compuerta de regulación

Accionamiento de la regulación por el frontal mediante un destornillador.

Dimensiones de aleta

La longitud máxima de aleta es de 490 mm, en que caso de que la aleta supere dicha dimensión se irán añadiendo los refuerzos que sean necesarios, para que la aleta nunca supere la medida anteriormente mencionada.

Identificación

En todas las descripciones de dimensión de rejillas, se entenderá siempre que la primera dimensión es la longitud y la segunda la altura. L x H es la dimensión de hueco libre. Cuando la rejilla no incorpora marco metálico y es preparada para atornillar, la dimensión del hueco será L-5 mm. x H-5 mm.

21

Serie, rejilla de aluminio
Serie, rejilla de chapa de acero

DV

Doble deflexión, la 1ª con aletas horizontales y la 2ª verticales
Doble deflexión, la 1ª con aletas verticales y la 2ª horizontales

O

Sin indicar nada, no va incorporada
Compuerta de regulación modelo 29-O

MM
Con MM
Para MM

Sin indicar nada, la rejilla dispone de taladros para atornillar
Marco metálico
La rejilla se suministra con marco metálico
La rejilla se suministra sin marco metálico, pero prevista para el montaje en el mismo

L x H

Longitud en mm (sentido horizontal) x altura en mm (sentido vertical)

Tabla de selección (DOBLE DEFLEXIÓN)

		Dim. (mm)	200x100	250x100	300x100 200x150	250x150	300x150	350x150 250x200	600x100 400x150 300x200	500x150 350x200	600x150 450x200 350x250 300x300	600x200 500x250 400x300	1000x150 750x200 600x250 500x300	1200x150 900x200 750x250 600x300	1100x200 900x250 750x300	1200x250 1000x300
Q	A _e (m ²)	α (°)	0,0098	0,0125	0,0148	0,0183	0,0224	0,0262	0,0309	0,0381	0,0474	0,0660	0,0801	0,0970	0,1210	0,1670
(m ³ /h)	(l/s)		0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30
100	27,8	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)	2,8 2,8 2,2 1,8 3,2 3,9 10 12	2,2 2,2 1,9 1,6 2,0 2,4 5 7	1,9 1,9 1,8 1,4 1,4 1,7 3 3	1,5 1,5 1,6 1,3 0,9 1,1 2,8 2,8	1,2 1,2 1,5 1,2 0,6 0,7 2,3 2,3	1,1 1,1 1,3 1,1 0,4 0,5 1,9 1,9	0,9 0,9 1,2 1,0 0,3 0,4 1,6 1,6	0,7 0,7 1,1 0,9 0,2 0,3 2,0 2,0	0,6 0,6 1,0 0,8 0,1 0,2 1,3 1,3	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5
150	41,7	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)	4,3 4,3 3,3 2,6 7,2 8,7 20 22	3,3 3,3 2,9 2,3 4,4 5,3 15 17	2,8 2,8 2,7 2,1 3,2 3,8 12 14	2,3 2,3 2,4 1,9 2,1 2,5 8 10	1,9 1,9 2,2 1,7 1,4 1,7 4 6	1,6 1,6 2,0 1,6 1,0 1,2 1,3 1,3	1,3 1,3 1,9 1,5 0,7 0,9 1,1 1,1	0,9 0,9 1,7 1,3 0,5 0,6 1,1 1,1	0,6 0,6 1,5 1,2 0,3 0,4 1,3 1,3	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5	0,6 0,6 1,3 1,0 0,2 0,2 1,5 1,5
200	55,6	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)	5,7 5,7 4,4 3,5 12,9 15,4 27 29	4,4 4,4 3,9 3,1 7,9 9,5 22 24	3,8 3,8 3,6 2,9 5,6 6,8 19 21	3,0 3,0 3,2 2,6 3,7 4,4 15 17	2,5 2,5 2,9 2,3 2,5 3,0 11 13	2,1 2,1 2,7 2,2 1,8 2,2 8 10	1,8 1,8 2,5 2,0 1,3 1,6 5 7	1,5 1,5 2,2 1,8 0,9 1,0 1,1 1,1	1,2 1,2 2,0 1,6 0,5 0,7 1,3 1,3	0,8 0,8 2,0 1,6 0,3 0,3 1,5 1,5	0,7 0,7 1,5 1,2 0,2 0,2 1,3 1,3	0,7 0,7 1,5 1,2 0,2 0,2 1,3 1,3	0,7 0,7 1,5 1,2 0,2 0,2 1,3 1,3	0,7 0,7 1,5 1,2 0,2 0,2 1,3 1,3
250	69,4	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)	7,1 7,1 5,5 4,4 20,1 24,1 33 35	5,6 5,6 4,9 3,9 12,3 14,8 28 30	4,7 4,7 4,5 3,6 8,8 10,6 24 26	3,8 3,8 4,0 3,2 5,8 6,9 20 22	3,1 3,1 3,6 2,9 3,8 4,6 16 18	2,7 2,7 3,4 2,7 2,8 3,4 13 15	2,2 2,2 3,1 2,5 2,0 2,4 10 12	1,8 1,8 2,8 2,2 1,3 1,6 6 8	1,5 1,5 2,5 2,0 0,9 1,0 1,1 1,1	1,2 1,2 2,0 1,6 0,5 0,7 1,3 1,3	0,9 0,9 2,1 1,7 0,4 0,5 1,5 1,5	0,9 0,9 2,1 1,7 0,4 0,5 1,5 1,5	0,9 0,9 2,1 1,7 0,4 0,5 1,5 1,5	0,9 0,9 2,1 1,7 0,4 0,5 1,5 1,5
300	83,3	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)	8,5 8,5 6,6 5,3 28,9 34,7 37 39	6,7 6,7 5,8 4,7 17,8 21,3 32 34	5,6 5,6 5,4 4,3 12,7 15,2 29 31	4,6 4,6 4,8 3,9 8,3 10,0 25 27	3,7 3,7 4,4 3,5 5,5 6,6 21 23	3,2 3,2 4,0 3,2 4,0 4,9 18 20	2,7 2,7 3,7 3,0 2,9 3,5 15 17	2,2 2,2 3,3 2,7 1,9 2,3 10 12	1,8 1,8 3,0 2,4 1,2 1,5 6 8	1,3 1,3 2,5 2,0 0,6 0,8 1,5 1,5	1,0 1,0 2,3 1,8 0,4 0,5 1,3 1,3	0,9 0,9 2,1 1,7 0,3 0,4 1,1 1,1	0,9 0,9 2,1 1,7 0,3 0,4 1,1 1,1	0,9 0,9 2,1 1,7 0,3 0,4 1,1 1,1
350	97,2	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)	9,9 9,9 7,7 6,2 39,4 47,2 41 43	7,8 7,8 6,8 5,5 24,2 29,0 36 38	6,6 6,6 6,3 5,0 17,3 20,7 33 35	5,3 5,3 5,6 4,5 11,3 13,5 29 31	4,3 4,3 5,1 4,1 7,5 9,0 25 27	3,7 3,7 4,7 3,8 5,5 6,6 21 23	3,1 3,1 4,3 3,5 4,0 4,8 18 20	2,6 2,6 3,9 3,1 2,6 3,1 14 16	2,1 2,1 3,5 2,8 1,7 2,0 10 12	1,5 1,5 3,0 2,4 0,9 1,0 1,3 1,3	1,2 1,2 2,7 2,2 0,6 0,7 1,1 1,1	1,0 1,0 2,4 2,0 0,4 0,5 1,3 1,3	1,0 1,0 2,4 2,0 0,4 0,5 1,3 1,3	1,0 1,0 2,4 2,0 0,4 0,5 1,3 1,3
400	111,1	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)	11,3 11,3 8,8 7,0 51,4 61,7 44 46	8,9 8,9 7,8 6,2 31,6 37,9 39 41	7,5 7,5 7,2 5,7 22,5 27,1 36 38	6,1 6,1 6,4 5,1 14,7 17,7 32 34	5,0 5,0 5,8 4,7 9,8 11,8 28 30	4,2 4,2 5,4 4,3 7,2 8,6 25 27	3,6 3,6 5,0 4,0 6,2 6,2 22 24	2,9 2,9 4,5 3,6 3,4 4,1 17 19	2,3 2,3 4,0 3,2 2,2 2,6 13 15	1,7 1,7 3,4 2,7 1,1 1,4 7 9	1,4 1,4 3,1 2,5 0,8 0,9 1,3 1,3	1,1 1,1 2,8 2,2 0,5 0,6 1,1 1,1	0,9 0,9 2,5 2,0 0,3 0,4 1,1 1,1	0,9 0,9 2,5 2,0 0,3 0,4 1,1 1,1
450	125,0	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)		10,0 10,0 8,8 7,0 40,0 48,0 42 44	8,4 8,4 8,1 6,4 28,5 34,2 39 41	6,8 6,8 7,2 5,8 18,7 22,4 35 37	5,6 5,6 6,5 5,2 12,5 14,9 31 33	4,8 4,8 6,1 4,8 9,1 10,9 28 30	4,0 4,0 5,6 4,5 6,5 7,9 24 26	3,3 3,3 5,0 4,0 4,3 5,2 20 22	2,6 2,6 4,5 3,6 2,8 3,3 16 18	1,9 1,9 3,8 3,1 1,4 1,7 10 12	1,6 1,6 3,5 2,8 1,0 1,2 6 8	1,3 1,3 3,1 2,5 0,7 0,8 1,1 1,1	1,0 1,0 2,8 2,3 0,4 0,5 1,1 1,1	1,0 1,0 2,8 2,3 0,4 0,5 1,1 1,1
500	138,9	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)		11,1 11,1 9,7 7,8 49,4 59,3	9,4 9,4 8,9 7,2 35,2 42,3 41 43	7,6 7,6 8,0 6,4 23,0 27,6 37 39	6,2 6,2 7,3 5,8 15,4 18,5 33 35	5,3 5,3 6,7 5,4 11,2 13,5 30 32	4,5 4,5 6,2 5,0 8,1 9,7 27 29	3,6 3,6 5,6 4,5 6,3 6,4 23 25	2,9 2,9 5,0 4,0 4,3 5,2 19 21	2,1 2,1 4,2 3,4 1,8 2,1 12 14	1,7 1,7 3,8 3,1 1,2 1,4 8 10	1,4 1,4 3,5 2,8 0,8 1,0 5 7	1,1 1,1 3,1 2,5 0,5 0,6 1,1 1,1	0,8 0,8 2,7 2,1 0,3 0,4 1,1 1,1
550	152,8	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			10,3 10,3 9,8 7,9 42,6 51,1 44 46	8,3 8,3 8,9 7,1 27,9 33,5 39 41	6,8 6,8 8,0 6,4 18,6 22,3 36 38	5,8 5,8 7,4 5,9 13,6 16,3 32 34	4,9 4,9 6,8 5,4 9,8 11,7 29 31	4,0 4,0 6,1 4,9 6,4 7,7 25 27	3,2 3,2 5,5 4,4 4,2 5,0 21 23	2,3 2,3 4,7 3,7 2,1 2,6 14 16	1,9 1,9 4,2 3,4 1,5 1,7 11 13	1,6 1,6 3,8 3,1 1,0 1,2 7 9	1,3 1,3 3,4 2,8 0,6 0,8 1,1 1,1	0,9 0,9 2,9 2,3 0,3 0,4 1,1 1,1
600	166,7	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			11,3 11,3 10,7 8,6 50,7 60,9 46 48	9,1 9,1 9,7 7,7 33,2 39,8 42 44	7,4 7,4 8,1 6,5 22,1 26,6 38 40	6,4 6,4 7,4 5,9 16,2 19,4 35 37	5,4 5,4 6,7 5,4 11,6 14,0 31 33	4,4 4,4 6,0 4,8 7,7 9,2 27 29	3,5 3,5 6,0 4,8 4,9 5,9 23 25	2,5 2,5 5,1 4,1 2,6 3,1 17 19	2,1 2,1 4,6 3,7 1,7 2,1 13 15	1,7 1,7 4,2 3,4 1,2 1,4 9 11	1,4 1,4 3,8 3,0 0,8 0,9 5 7	1,0 1,0 3,2 2,6 0,4 0,5 1,1 1,1
650	180,6	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			12,2 12,2 11,6 9,3 59,5 71,4 48 50	9,9 9,9 10,5 8,4 38,9 46,7 44 46	8,1 8,1 8,7 7,0 26,0 31,2 40 42	6,9 6,9 8,7 7,0 19,0 22,8 37 39	5,8 5,8 7,2 5,8 13,7 16,4 33 35	4,7 4,7 6,3 5,2 9,0 10,8 29 31	3,8 3,8 5,5 4,5 5,8 7,0 25 27	2,7 2,7 5,5 4,4 3,0 3,6 18 20	2,3 2,3 5,0 4,0 2,0 2,4 15 17	1,9 1,9 4,5 3,6 1,4 1,7 11 13	1,5 1,5 4,1 3,3 0,9 1,1 7 9	1,1 1,1 3,5 2,8 0,5 0,6 1,1 1,1
700	194,4	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			10,6 10,6 11,3 9,0 45,2 54,2 45 47	10,6 10,6 10,2 8,1 30,1 36,2 41 43	8,7 8,7 9,4 7,5 22,0 26,4 38 40	6,3 6,3 7,4 6,1 15,8 19,0 35 37	5,1 5,1 6,8 6,2 10,4 12,5 31 33	4,1 4,1 5,9 4,7 6,7 8,1 27 29	3,1 3,1 4,4 3,4 6,3 7,6 23 25	2,1 2,1 5,9 4,7 3,5 4,2 20 22	1,7 1,7 5,4 4,3 2,4 2,8 17 19	1,4 1,4 4,9 3,9 1,6 1,9 13 15	1,1 1,1 4,4 3,5 1,0 1,2 8 10	1,2 1,2 3,7 3,0 0,5 0,7 1,1 1,1
750	208,3	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			11,4 11,4 12,1 9,7 51,8 62,2 47 49	11,4 11,4 10,9 8,7 34,6 41,5 43 45	8,0 8,0 10,1 8,1 25,3 30,3 40 42	6,7 6,7 9,3 7,4 18,2 21,8 37 39	5,5 5,5 7,4 6,1 12,0 14,4 33 35	4,4 4,4 6,4 5,0 7,7 9,3 28 30	3,2 3,2 5,1 4,1 6,4 7,6 24 26	2,2 2,2 6,4 5,1 4,0 4,8 18 20	1,8 1,8 5,8 4,6 2,7 3,2 14 16	1,4 1,4 5,2 4,2 1,8 2,2 10 12	1,2 1,2 4,7 3,8 1,2 1,4 6 8	1,2 1,2 4,0 3,2 0,6 0,7 1,1 1,1
800	222,2	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			12,1 12,1 12,9 10,3 59,0 70,8 49 51	12,1 12,1 11,6 9,3 39,4 47,2 45 47	9,9 9,9 10,8 8,6 28,8 34,5 42 44	7,2 7,2 9,9 7,9 20,7 24,8 38 40	5,8 5,8 8,9 7,1 13,6 16,3 34 36	4,7 4,7 7,0 6,4 8,8 10,6 30 32	3,4 3,4 6,8 5,4 4,5 5,4 24 26	2,8 2,8 6,2 4,9 3,1 3,7 20 22	2,3 2,3 5,6 4,5 2,1 2,5 16 18	1,8 1,8 6,3 5,3 1,3 1,6 12 14	1,4 1,4 5,0 4,0 0,7 0,8 8 10	1,3 1,3 4,3 3,4 0,3 0,4 1,1 1,1
850	236,1	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			10,5 10,5 12,4 9,9 44,4 53,3 46 48	10,5 10,5 11,4 9,1 32,5 39,0 43 45	9,0 9,0 10,5 8,4 23,4 28,0 40 42	7,6 7,6 10,5 8,4 15,4 18,4 36 38	6,2 6,2 9,5 7,6 15,4 18,4 33 35	5,0 5,0 8,5 6,8 9,9 11,9 29 31	3,6 3,6 6,5 5,2 3,5 4,2 25 27	2,9 2,9 6,5 5,2 2,4 2,8 21 23	2,4 2,4 5,6 4,5 1,6 1,9 17 19	2,0 2,0 6,3 5,3 0,8 1,0 13 15	1,6 1,6 5,3 4,3 1,5 1,8 9 11	1,4 1,4 4,5 3,6 0,8 1,0 7 9
900	250,0	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			11,2 11,2 13,1 10,5 49,8 59,8 48 50	11,2 11,2 12,1 9,7 36,4 43,7 44 46	9,5 9,5 10,2 8,1 26,2 31,4 41 43	8,1 8,1 11,1 8,9 17,2 20,7 37 39	6,6 6,6 10,0 8,0 11,1 13,4 33 35	5,3 5,3 8,0 7,2 11,1 13,4 29 31	3,8 3,8 7,6 6,1 5,7 6,9 26 28	3,1 3,1 6,9 5,5 3,9 4,7 23 25	2,6 2,6 6,3 5,0 2,7 3,2 19 21	2,1 2,1 6,3 5,3 1,7 2,0 15 17	1,6 1,6 5,6 4,5 1,0 1,2 11 13	1,5 1,5 4,8 3,8 0,9 1,1 7 9
950	263,9	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			11,8 11,8 13,8 11,1 55,5 66,6 49 51	11,8 11,8 12,8 10,2 40,6 48,7 46 48	10,1 10,1 11,8 9,4 29,2 35,0 43 45	8,5 8,5 12,8 10,2 16,9 20,7 40 42	6,9 6,9 10,6 8,5 12,4 14,9 37 39	5,6 5,6 8,5 7,6 12,4 14,9 33 35	4,0 4,0 8,0 6,4 6,4 7,7 28 30	3,3 3,3 7,3 5,8 4,3 5,2 24 26	2,7 2,7 6,6 5,3 3,0 3,6 20 22	2,2 2,2 6,6 5,3 1,9 2,3 16 18	1,7 1,7 5,9 4,8 1,6 1,9 12 14	1,6 1,6 5,1 4,0 1,0 1,2 8 10
1000	277,8	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			10,6 10,6 13,4 10,8 45,0 54,0 47 49	10,6 10,6 12,4 9,9 32,3 38,8 44 46	9,0 9,0 11,2 8,9 21,3 25,5 40 42	7,3 7,3 12,0 9,9 13,7 16,5 38 40	5,9 5,9 10,0 8,0 13,7 16,5 35 37	4,2 4,2 8,5 6,8 7,1 8,5 29 31	3,5 3,5 7,7 6,2 4,6 5,4 25 27	2,9 2,9 7,0 5,6 3,8 4,6 21 23	2,4 2,4 6,3 5,3 2,1 2,5 17 19	2,0 2,0 6,3 5,3 1,6 1,9 13 15	1,7 1,7 5,9 4,8 1,3 1,6 9 11	1,5 1,5 5,3 4,3 0,8 1,0 7 9
1100	305,6	V _k (m/s) X (m) P _i (Pa) NR (dB)			11,7 11,7 14,8 11,7 54,4 65,3 49 51	11,7 11,7 13,6 10,9 39,1 46,9 46 48	10,0 10,0 12,3 9,8 25,7 30,9 42 44	8,0 8,0 12,0 9,8 16,6 19,9 40 42	6,4 6,4 11,0 8,8 16,6 19,9 38 40	4,6 4,6 8,5 6,8 7,1 8,5 31 33	3,8 3,8 8,5 6,8 4,6 5,4 28 30	3,2 3,2 7,7 6,2 5,8 7,0 24 26	2,5 2,5 7,7 6,2 4,0 4,8 20 22	2,0 2,0 6,6 5,3 2,6 3,1 16 18	1,8 1,8 6,3 5,3 1,3 1,6 13 15	1,6 1,6 5,8 4,7 1,3 1,6 9 11

**Factores de corrección
para rejillas de simple
deflexión, 20-SH, 20-SV,
21-SH y 21-SV:**

V_k = Valor de tabla x 0,8

X = Valor de tabla x 1,1

P_i = Valor de tabla x 0,8

NR = Valor de tabla x 0,9

Simbología:

Tabla de selección (DOBLE DEFLEXIÓN)

		Dim. (mm)	200x100	250x100	300x100 200x150	250x150	300x150	350x150 250x200	600x100 400x150 300x200	500x150 350x200	600x150 450x200 350x250 300x300	600x200 500x250 400x300	1000x150 750x200 600x250 500x300	1200x150 900x200 750x250 600x300	1100x200 900x250 750x300	1200x250 1000x300			
Q		A _v (m²)	0,0098	0,0125	0,0148	0,0183	0,0224	0,0262	0,0309	0,0381	0,0474	0,0660	0,0801	0,0970	0,1210	0,1670			
(m³/h)	(l/s)	α (°)	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30	0 30			
1200	333,3	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)							10,8 10,8 14,9 11,9 46,5 55,9 48 50	8,7 8,7 13,4 10,7 30,6 36,7 44 46	7,0 7,0 12,0 9,6 19,8 23,7 40 42	5,1 5,1 10,2 8,1 10,2 12,2 33 35	4,2 4,2 9,2 7,4 6,9 8,3 30 32	3,4 3,4 8,4 6,7 4,7 5,7 26 28	2,8 2,8 7,5 6,0 3,0 3,6 22 24	2,0 2,0 6,4 5,1 1,6 1,9 15 17			
1300	361,1	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)							11,7 11,7 16,1 12,9 54,6 65,6 50 52	9,5 9,5 14,5 11,6 35,9 43,1 46 48	7,6 7,6 13,0 10,4 23,2 27,9 42 44	5,5 5,5 11,0 8,8 12,0 14,4 35 37	4,5 4,5 10,0 8,0 8,1 9,8 32 34	3,7 3,7 9,1 7,3 5,5 6,7 28 30	3,0 3,0 8,1 6,5 3,6 4,3 24 26	2,2 2,2 6,9 5,5 1,9 2,2 17 19			
1400	388,9	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)							12,6 12,6 17,3 13,9 63,4 76,0 52 54	10,2 10,2 15,6 12,5 41,7 50,0 48 50	8,2 8,2 14,0 11,2 26,9 32,3 44 46	5,9 5,9 11,9 9,5 13,9 16,7 37 39	4,9 4,9 10,8 8,6 9,4 11,3 33 35	4,0 4,0 9,8 7,8 6,4 7,7 33 35	3,2 3,2 8,8 7,0 4,1 5,0 25 27	2,3 2,3 7,5 6,0 2,2 2,6 19 21			
1500	416,7	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)								10,9 10,9 16,7 13,4 47,8 57,4 50 52	8,8 8,8 15,0 12,0 30,9 37,1 45 47	6,3 6,3 12,7 10,2 15,9 19,1 39 41	5,2 5,2 11,5 9,2 10,8 13,0 35 37	4,3 4,3 10,5 8,4 7,4 8,9 31 33	3,4 3,4 9,4 7,5 4,7 5,7 27 29	2,5 2,5 8,0 6,4 2,5 3,0 21 23			
1600	444,4	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)	Factores de corrección para rejillas de simple deflexión, 20-SH, 20-SV, 21-SH y 21-SV: V = Valor de tabla x 0,8 X = Valor de tabla x 1,1 P _t = Valor de tabla x 0,8 N = Valor de tabla x 0,9						11,7 11,7 17,8 14,3 54,4 65,3 51 53	9,4 9,4 16,0 12,8 35,2 42,2 47 49	6,7 6,7 13,6 10,8 18,1 21,8 40 42	5,5 5,5 12,3 9,8 12,3 14,8 37 39	4,6 4,6 11,2 8,9 8,4 10,1 33 35	3,7 3,7 10,0 8,0 5,4 6,5 29 31	2,7 2,7 8,5 6,8 2,8 3,4 22 24				
1700	472,2	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)										10,0 10,0 17,0 13,6 39,7 47,6 48 50	7,2 7,2 14,4 11,5 20,5 24,6 42 44	5,9 5,9 13,1 10,5 13,9 16,7 38 40	4,9 4,9 11,9 9,5 9,5 11,4 34 36	3,9 3,9 10,6 8,5 6,1 7,3 30 32	2,8 2,8 9,1 7,2 3,2 3,8 24 26		
1800	500,0	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)										10,5 10,5 18,0 14,4 44,5 53,4 50 52	7,6 7,6 15,3 12,2 23,0 27,5 43 45	6,2 6,2 13,8 11,1 15,6 18,7 39 41	5,2 5,2 12,6 10,1 10,6 12,8 36 38	4,1 4,1 11,3 9,0 6,8 8,2 31 33	3,0 3,0 9,6 7,7 3,6 4,3 25 27		
1900	527,8	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)										11,1 11,1 19,0 15,2 49,6 59,5 51 53	8,0 8,0 16,1 12,9 25,6 30,7 45 47	6,6 6,6 14,6 11,7 17,4 20,8 41 43	5,4 5,4 13,3 10,6 11,8 14,2 37 39	4,4 4,4 11,9 9,5 7,6 9,1 33 35	3,2 3,2 10,1 8,1 4,0 4,8 26 28		
2000	555,6	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)										11,7 11,7 20,0 16,0 54,9 65,9 52 54	8,4 8,4 16,9 13,6 28,3 34,0 46 48	6,9 6,9 15,4 12,3 19,2 23,1 42 44	5,7 5,7 14,0 11,2 13,1 15,7 38 40	4,6 4,6 12,5 10,0 8,4 10,1 34 36	3,3 3,3 10,7 8,5 4,4 5,3 28 30		
2100	583,3	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)										8,8 8,8 17,8 14,2 31,2 37,5 47 49	7,3 7,3 16,2 12,9 21,2 25,5 43 45	6,0 6,0 14,7 11,7 14,5 17,4 39 41	4,8 4,8 13,1 10,5 9,3 11,2 35 37	3,5 3,5 11,2 8,9 4,9 5,9 29 31			
2200	611,1	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)										9,3 9,3 18,6 14,9 34,3 41,2 48 50	7,6 7,6 16,9 13,5 23,3 27,9 44 46	6,3 6,3 15,4 12,3 15,9 19,1 41 43	5,1 5,1 13,8 11,0 10,2 12,2 36 38	3,7 3,7 11,7 9,4 5,4 6,4 30 32			
2400	666,7	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)										10,1 10,1 20,3 16,3 40,8 49,0 50 52	8,3 8,3 18,5 14,8 27,7 33,3 46 48	6,9 6,9 16,8 13,4 18,9 22,7 43 45	5,5 5,5 15,0 12,0 12,1 14,6 38 40	4,0 4,0 12,8 10,2 6,4 7,6 32 34			
2600	722,2	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)	NOTAS: - Estas tablas de selección están basadas en ensayos reales de laboratorio de acuerdo a las normas ISO 5219 (UNE 100.710) e ISO 5135 y 3741. Dichos ensayos se han efectuado con rejillas de impulsión 20-DH y 20-DV. - La UTI (Unidad Terminal de Impulsión) está situada en el centro del recinto. - La distancia del lado superior de la UTI al techo es de 0,2 m. - La anchura del recinto es igual a la longitud del módulo x 0,5. - La altura del recinto es de 3 ± 0,5 m. - El Δt es igual a 10°C. (Diferencia entre temperatura aire impulsado y temperatura aire de la sala). - El índice sonoro NR está basado en el nivel de potencia sonora sin atenuación del local y sin compuerta (montaje según ISO). - Los alcances corresponden a una velocidad terminal de 0,25 m/s en zona ocupada.									10,9 10,9 22,0 17,6 47,9 57,5 52 54	9,0 9,0 20,0 16,0 32,5 39,0 48 50	7,4 7,4 18,2 14,5 22,2 26,6 45 47	6,0 6,0 16,3 13,0 14,3 17,1 40 42	4,3 4,3 13,8 11,1 7,5 9,0 34 36			
2800	777,8	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)														9,7 9,7 21,5 17,2 37,7 45,3 50 52	8,0 8,0 19,6 15,7 25,7 30,9 46 48	6,4 6,4 17,5 14,0 16,5 19,8 42 44	4,7 4,7 14,9 11,9 8,7 10,4 36 38
3000	833,3	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)														10,4 10,4 23,1 18,5 43,3 52,0 52 54	8,6 8,6 21,0 16,8 29,5 35,4 48 50	6,9 6,9 18,8 15,0 19,0 22,8 44 46	5,0 5,0 16,0 12,8 10,0 12,0 38 40
3200	888,9	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)															9,2 9,2 22,4 17,9 33,6 40,3 50 52	7,3 7,3 20,0 16,0 21,6 25,9 45 47	5,3 5,3 17,0 13,6 11,3 13,6 39 41
3500	972,2	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)															10,0 10,0 24,5 19,6 40,2 48,2 52 54	8,0 8,0 21,9 17,5 25,8 31,0 48 50	5,8 5,8 18,6 14,9 13,6 16,3 41 43
3800	1055,6	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)															10,9 10,9 26,6 21,2 47,4 56,8 54 56	8,7 8,7 23,8 19,0 30,4 36,5 50 52	6,3 6,3 19,0 16,2 16,0 19,2 43 45
4100	1138,9	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)												9,4 9,4 25,7 20,5 35,4 42,5 51 53	6,8 6,8 21,8 17,5 18,6 22,3 45 47				
4500	1250,0	V _k (m/s) X (m) p _t (Pa) NR (dB)												10,3 10,3 28,2 22,5 42,7 51,2 54 56	7,5 7,5 24,0 19,2 22,4 26,9 47 49				

VIVIENDA

Modifican Reglamento Nacional de Edificaciones

DECRETO SUPREMO Nº 005-2014-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Ley Nº 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, el Decreto Supremo Nº 015-2004-VIVIENDA, aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo Nº 011-2006-VIVIENDA se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas; precisándose que a la fecha las referidas normas han sido modificadas por sendos Decretos Supremos;

Que, es preciso señalar que con los Decretos Supremos Nº 001-2010-VIVIENDA y Nº 017-2012-VIVIENDA, se aprobaron dos normas técnicas adicionales, de acuerdo al Índice y a la Estructura del RNE aprobado mediante Decreto Supremo Nº 015-2004-VIVIENDA; y con Decreto Supremo Nº 011-2012-VIVIENDA, se incorporó una nueva norma al citado cuerpo legal;

Que, con Informe Nº 003-2014/VIVIENDA/VMVU-CPARNE de fecha 24 de marzo de 2014, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de modificación de las Normas Técnicas A.010 "Condiciones Generales de Diseño", EM.030 "Instalaciones de Ventilación" y del Anexo Nº 3 "Lista de Especies Agrupadas" de la Norma Técnica E.010; así como, la incorporación de la Norma Técnica CE.030 "Obras Especiales y Complementarias" en el RNE, aprobado con Decreto Supremo Nº 011-2006-VIVIENDA; las mismas que han sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión, conforme al Acta de la Cuadragésima Novena Sesión de fecha 12 de marzo del presente año, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, conforme a lo señalado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, corresponde disponer la modificación e incorporación de las Normas

Técnicas a que se refiere el considerando anterior, a fin de actualizar y complementar su contenido; y,

De conformidad con lo dispuesto en numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley Nº 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley Nº 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Decreto Supremo Nº 002-2002-VIVIENDA modificado por el Decreto Supremo Nº 045-2006-VIVIENDA, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de las Normas Técnicas A.010 "Condiciones Generales de Diseño" del Numeral III.1 Arquitectura, EM.030 "Instalaciones de Ventilación" del Numeral III.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas y del Anexo 3 "Lista de Especies Agrupadas" de la Norma Técnica E.010 "Madera" del Numeral III.2, del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones-RNE

Modifícase el contenido de las Normas Técnicas A.010 "Condiciones Generales de Diseño" del Numeral III.1 Arquitectura, EM.030 "Instalaciones de Ventilación" del Numeral III.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas y del Anexo 3 "Lista de Especies Agrupadas" de la Norma Técnica E.010 "Madera" del Numeral III.2, del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, que como Anexos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Incorporación de la Norma Técnica CE.030 "Obras Especiales y Complementarias" al Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE

Incorpórase la Norma Técnica CE.030 "Obras Especiales y Complementarias" al Numeral II.2 Componentes Estructurales, del Título II Habilitaciones Urbanas del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, que como Anexo forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Publicación y Difusión

El contenido de las Normas Técnicas a que se refiere el presente Decreto Supremo, serán publicadas en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el diario oficial El Peruano, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo Nº 001-2009-JUS.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los ocho días del mes de mayo del año dos mil catorce.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

MILTON VON HESSE LA SERNA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NORMA TÉCNICA A.010

CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO

NORMA A.010

CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Artículo 1.- La presente Norma establece los criterios y requisitos mínimos de diseño arquitectónico que deberán cumplir las edificaciones con la finalidad de garantizar lo estipulado en el Artículo 5º de la Norma G.010 del TÍTULO I del presente Reglamento.

Artículo 2.- Excepcionalmente, los proyectistas, podrán proponer soluciones alternativas y/o innovadoras

que satisfagan los criterios establecidos en el artículo tercero de la presente Norma, para lo cual la alternativa propuesta debe ser suficiente para alcanzar los objetivos de forma equivalente o superior a lo establecido en el presente Reglamento.

En este caso el proyectista podrá fundamentar si así lo desea, su propuesta mediante normativa NFPA 101 u otras normas equivalentes reconocidas por la Autoridad Competente.

Cabe señalar que no es requisito el cumplimiento de esta Normatividad NFPA 101, solo será usado para fundamentar una alternativa de solución.

Artículo 3.- Las obras de edificación deberán tener calidad arquitectónica, la misma que se alcanza con una respuesta funcional y estética acorde con el propósito de la edificación, con el logro de condiciones de seguridad, con la resistencia estructural al fuego, con la eficiencia del proceso constructivo a emplearse y con el cumplimiento de la normativa vigente.

Las edificaciones responderán a los requisitos funcionales de las actividades que se realicen en ellas, en términos de dimensiones de los ambientes, relaciones entre ellos, circulaciones y condiciones de uso.

Se ejecutará con materiales, componentes y equipos de calidad que garanticen seguridad, durabilidad y estabilidad.

En las edificaciones se respetará el entorno inmediato, conformado por las edificaciones colindantes, en lo referente a altura, acceso y salida de vehículos, integrándose a las características de la zona de manera armónica.

En las edificaciones se propondrá soluciones técnicas apropiadas a las características del clima, del paisaje, del suelo y del medio ambiente general.

En las edificaciones se tomará en cuenta el desarrollo futuro de la zona, en cuanto a vías públicas, servicios de la ciudad, renovación urbana y zonificación.

Artículo 4.- Los parámetros urbanísticos y edificatorios de los predios urbanos deben estar definidos en el Plan Urbano. Los Certificados de Parámetros deben consignar la siguiente información como mínimo:

- Zonificación.
- Secciones de vías actuales y, en su caso, de vías previstas en el Plan Urbano de la localidad.
- Usos del suelo permitidos.
- Coeficiente de edificación.
- porcentaje mínimo de área libre.
- Altura de edificación expresada en metros.
- Retiros.
- Área de lote normativo, aplicable a la subdivisión de lotes.
- Densidad neta expresada en habitantes por hectárea o en área mínima de las unidades que conformarán la edificación.
- Exigencias de estacionamientos para cada uno de los usos permitidos.
- Áreas de riesgo o de protección que pudieran afectarlo.
- Calificación de bien cultural inmueble, de ser el caso.
- Condiciones particulares.

Artículo 5.- En las localidades en que no existan normas establecidas en los planes de acondicionamiento territorial, planes de desarrollo urbano provinciales, planes urbanos distritales o planes específicos, el propietario deberá efectuar una propuesta, que será evaluada y aprobada por la Municipalidad Distrital, en base a los principios y criterios que establece el presente Reglamento.

Artículo 6.- Los proyectos con edificaciones de uso mixto deberán cumplir con las normas correspondientes a cada uno de los usos propuestos, sin embargo las soluciones de evacuación deben ser integrales cuando el diseño arquitectónico considere compartir, utilizar o vincular espacios comunes y medios de evacuación de una o varias edificaciones de uso mixto, primando las consideraciones de diseño, para las áreas comunes, del uso más restrictivo.

Artículo 7.- Las normas técnicas que deben cumplir las edificaciones son las establecidas en el presente Reglamento Nacional de Edificaciones. No es obligatorio el cumplimiento de normas internacionales que no hayan sido expresamente homologadas en el Perú.

Serán aplicables normas, estándares y códigos de otros países o instituciones, en caso que estas se encuentren expresamente indicadas en este Reglamento o en reglamentos sectoriales.

CAPÍTULO II

RELACIÓN DE LA EDIFICACIÓN CON LA VÍA PÚBLICA

Artículo 8.- Las edificaciones deberán tener cuando menos un acceso desde el exterior. El número de accesos y sus dimensiones se definen de acuerdo con el uso de la edificación. Los accesos desde el exterior pueden ser peatonales, vehiculares. Los elementos móviles de los accesos al accionarse, no podrán invadir las vías y áreas de uso público.

Para el caso de edificaciones que se encuentren retiradas de la vía pública en más de 20 m, la solución arquitectónica, debe incluir al menos una vía que permita la accesibilidad de vehículos de emergencia (ambulancia, vehículo de primeros auxilios), con una altura mínima y radios de giro según la tabla adjunta y a una distancia máxima de 20 m del perímetro de la edificación más alejada:

EDIFICACIÓN	ALTURA DE VEHÍCULO	ANCHO DE ACCESO	RADIO DE GIRO
Edificios hasta 15 metros de altura	3,00 m	2,70 m	7,80 m
Edificios desde 15 metros de altura a más	4,00 m	2,70 m	7,80 m
• Centros comerciales • Plantas industriales. • Edificios en general	4,50 m	3,00 m	12,00 m

Artículo 9.- Cuando el Plan Urbano Distrital lo establezca existirán retiros entre el límite de propiedad y el límite de la edificación.

Los retiros tienen por finalidad permitir la privacidad y seguridad de los ocupantes de la edificación y pueden ser:

- Frontales:** Cuando la distancia se establece con relación al lindero colindante con una vía pública.
- Laterales:** Cuando la distancia se establece con relación a uno o a ambos linderos laterales colindantes con otros predios.
- Posteriores:** Cuando la distancia se establece con relación al lindero posterior.

Los planes urbanos establecen las dimensiones mínimas de los retiros. El proyecto a edificarse puede proponer retiros de mayores dimensiones.

Los retiros frontales, laterales y/o posteriores pueden ser utilizados para la captación de aire fresco, y/o retiro de gases de los sistemas de extracción de monóxido de los estacionamientos vehiculares ubicados en sótanos.

Para el caso de los sistemas de administración de humos (extracción) para uso exclusivo de emergencias por incendio en sótanos, estos podrán ser descargados también a nivel de piso de los retiros, utilizando descargas por rejillas de ventilación y/o sistemas de ventilación mecánico con dispositivos de descarga a nivel de piso. Específicamente para retiros frontales, también pueden utilizarse dispositivos mecánicos de ventilación, siempre y cuando no alteren el nivel del piso del retiro, cuando no se encuentran operando.

Para el caso de edificaciones en las que sus muros colindantes, así como también los patios que den a propiedad de terceros, deberán contar con acabado exterior (tarrajeado, pañeteado y/o escarchado sin exigencia de pintura) a partir del segundo nivel.

Artículo 10.- El Plan de Desarrollo Urbano puede establecer retiros para ensanche de la(s) vía(s) en que se ubica el predio materia del proyecto de la edificación, en cuyo caso esta situación deberá estar indicada en el Certificado de Parámetros Urbanísticos y Edificatorios o en el Certificado de Alineamiento.

Artículo 11.- Los retiros frontales pueden ser empleados para:

- a) La construcción de gradas para subir o bajar como máximo 1,50 m del nivel de vereda.
- b) La construcción de cisternas para agua y sus respectivos cuartos de bombas.
- c) La construcción de casetas de guardianía y su respectivo baño.
- d) Estacionamientos vehiculares con techos ligeros o sin techar.
- e) Estacionamientos en semisótano, cuyo nivel superior del techo no sobrepase 1.50 m por encima del nivel de la vereda frente al lote.
- f) Cercos delanteros opacos.
- g) Muretes para medidores de energía eléctrica
- h) Reguladores y medidores de gas natural y GLP.
- i) Almacenamiento enterrado de GLP y líquidos combustibles
- j) Dispositivos de descarga (tomas de piso) y retorno (GLP, líquidos combustibles)
- k) Techos de protección para el acceso de personas.
- l) Escaleras abiertas a pisos superiores independientes, cuando estos constituyan ampliaciones de la edificación original.
- m) Piscinas
- n) Sub-estaciones eléctricas y ventilación de las mismas
- o) Instalaciones de equipos y accesorios contra incendio.
- p) Descargas a nivel de piso de los sistemas de ventilación de humos en caso de incendio.
- q) Y otros debidamente sustentados por el proyectista

Artículo 12.- Los cercos tienen como finalidad la protección visual y/o auditiva y dar seguridad a los ocupantes de la edificación; debiendo tener las siguientes características:

- a) Podrán estar colocados en el límite de propiedad, pudiendo ser opacos y/o transparentes. La colocación de cercos opacos no varía la dimensión de los retiros exigibles.
- b) La altura dependerá del entorno.
- c) Deberán tener un acabado concordante con la edificación que cercan.
- d) Se podrán instalar conexiones para uso de bomberos.
- e) Se podrán instalar cajas para las recepciones de "carga y retorno" de GLP
- f) Se podrán instalar conexiones para descarga de hidrocarburos y también de agua.
- g) Se podrán instalar cajas para medidores de energía.
- h) Cuando se instalen dispositivos de seguridad que puedan poner en riesgo a las personas, estos deberán estar debidamente señalizados.

Artículo 13.- En las esquinas formadas por la intersección de dos vías vehiculares, con el fin de evitar accidentes de tránsito, cuando no exista retiro o se utilicen cercos opacos, existirá un retiro en el primer piso, en diagonal (ochavo) que deberá tener una longitud mínima de 3,00 m, medida sobre la perpendicular de la bisectriz del ángulo formado por las líneas de propiedad correspondientes a las vías que forman la esquina. El ochavo debe estar libre de todo elemento que obstaculice la visibilidad.

Artículo 14.- Los voladizos tendrán las siguientes características:

- a) En las edificaciones que no tengan retiro no se permitirá voladizos sobre la vereda, salvo que por razones vinculadas al perfil urbano pre-existente, el Plan Urbano distrital establezca la posibilidad de ejecutar balcones, voladizos de protección para lluvias, cornisas u otros elementos arquitectónicos cuya proyección caiga sobre la vía pública.
- b) Se puede edificar voladizos sobre el retiro frontal hasta 0,50 m, a partir de 2,30 m de altura. Voladizos mayores, exigen el aumento del retiro de la edificación en una longitud equivalente.
- c) No se permitirán voladizos sobre retiros laterales y posteriores mínimos reglamentarios, ni sobre retiros frontales cuya finalidad sea el ensanche de vía.

Artículo 15.- El agua de lluvias proveniente de cubiertas, azoteas, terrazas y patios descubiertos, deberá contar con un sistema de recolección canalizado en todo su recorrido hasta el sistema de drenaje público o hasta el nivel del terreno.

El agua de lluvias no podrá verterse directamente sobre los terrenos o edificaciones de propiedad de terceros, ni sobre espacios o vías de uso público.

CAPÍTULO III

SEPARACIÓN ENTRE EDIFICACIONES

Artículo 16.- Toda edificación debe guardar una distancia con respecto a las edificaciones vecinas, por razones de seguridad sísmica, contra incendios o por condiciones de iluminación y ventilación naturales de los ambientes que la conforman.

Artículo 17.- La separación de edificaciones entre propiedades (límite de propiedad) así como la separación entre edificaciones dentro de un mismo predio (lote) son establecidas por razones de seguridad sísmica que se establecen en el cálculo estructural correspondiente, de acuerdo con las normas sismo resistentes.

La separación necesaria entre edificaciones de un mismo predio (lote) por requerimientos de protección contra incendio, está en función al riesgo de la edificación, y será explícita en cada caso según se establezca en la Norma A.130.

Artículo 18.- En los conjuntos residenciales conformados por varios edificios multifamiliares, la separación entre ellos, por razones de privacidad e iluminación natural, se determinará en función al uso de los ambientes que se encuentran frente a frente, según lo siguiente:

- a) Para edificaciones con vanos de dormitorios, estudios, salas y comedores, la separación deberá ser igual o mayor a un tercio de la altura de la edificación más baja, con una distancia mínima de 5,00 m. Cuando los vanos se encuentren frente a los límites de propiedades laterales o posteriores, la distancia será igual o mayor a un tercio de la altura de la propia edificación.
- b) Para edificaciones con vanos de ambientes de cocinas y patios techados, la distancia de separación deberá ser mayor a un cuarto de la altura de la edificación más alta, con una distancia mínima de 4,00 m.

Artículo 19.- Los pozos para iluminación y ventilación natural deberán cumplir con las siguientes características:

Para viviendas unifamiliares, tendrán una dimensión mínima de 2,00 m por lado medido entre las caras de los paramentos que definen el pozo

Para viviendas en edificaciones multifamiliares:

- a) Tendrán dimensiones mínimas de 2,20 m por lado, medido entre las caras de los paramentos que definen el pozo.
- b) La distancia perpendicular entre los vanos de los ambientes de dormitorios, estudios, salas y comedores, que se sirven del pozo medida en el punto central o eje del vano y el muro opuesto que conforma el pozo no debe ser menor a un tercio de la altura del paramento mas bajo del pozo, medido a partir de 1,00 m sobre el piso más bajo.
- c) La distancia perpendicular entre los vanos de los ambientes de servicio, cocinas y patios de servicio techados que se sirven del pozo, medida en el punto central o eje del vano, y el muro opuesto que conforma el pozo, no debe ser menor a un cuarto de la altura total del paramento mas bajo del pozo, medido a partir de 1,00 m sobre el piso más bajo.

Cuando la dimensión del pozo perpendicular a los vanos a los que sirve, es mayor en más de 10% al mínimo establecido en los incisos b) y c) anteriores, la dimensión perpendicular del pozo se podrá reducir en un porcentaje proporcional hasta un mínimo de 1,80 m

En edificaciones de 15 metros de altura o más, cuando la dimensión del pozo perpendicular a los vanos a los que sirve, es menor hasta en 20% al mínimo establecido en los incisos b) y c) anteriores, la dimensión mínima

perpendicular del pozo deberá aumentar en un porcentaje proporcional.

Artículo 20.- Los pozos de luz pueden estar techados con una cubierta transparente y dejando un área abierta para ventilación, a los lados, superior al 50% del área del pozo. Esta cubierta no reduce el área libre.

CAPITULO IV

DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS AMBIENTES

Artículo 21.- Las dimensiones, área y volumen, de los ambientes de las edificaciones deben ser las necesarias para:

- Realizar las funciones para las que son destinados.
- Albergar al número de personas propuesto para realizar dichas funciones.
- Tener el volumen de aire requerido por ocupante y garantizar su renovación natural o artificial.
- Permitir la circulación de las personas así como su evacuación en casos de emergencia.
- Distribuir el mobiliario o equipamiento previsto.
- Contar con iluminación suficiente.

Artículo 22.- Los ambientes con techos horizontales, tendrán una altura mínima de piso terminado a cielo raso de 2,30 m. Las partes más bajas de los techos inclinados podrán tener una altura menor. En climas calurosos la altura deberá ser mayor.

Artículo 23.- Los ambientes para equipos o espacios para instalaciones mecánicas, podrán tener una altura mínima de 2,10 m, siempre que permitan el ingreso y permanencia de personas de pie (parados) para la instalación, reparación o mantenimiento.

Artículo 24.- Las vigas y dinteles, deberán estar a una altura mínima de 2,10 m sobre el piso terminado.

CAPÍTULO V

ACCESOS Y PASAJES DE CIRCULACIÓN

Artículo 25.- Los pasajes para el tránsito de personas deberán cumplir con las siguientes características:

- Tendrán un ancho libre mínimo calculado en función del número de ocupantes a los que sirven.
- Toda persona, sin importar su ubicación al interior de una edificación deberá tener acceso sin restricciones, por lo menos a un medio de evacuación. Los pasajes que formen parte de una vía de evacuación carecerán de obstáculos en el ancho requerido, salvo que se trate de elementos de seguridad o cajas de paso de instalaciones ubicadas en las paredes, siempre que no reduzcan en más de 0,15 m el ancho requerido. El cálculo de los medios de evacuación se establece en la Norma A.130.
- Para efectos de evacuación, la distancia total de viaje del evacuante (medida de manera horizontal y vertical) desde el punto mas alejado hasta el lugar seguro (salida de escape, área de refugio o escalera de emergencia) será como máximo de 45 m sin rociadores o 60 m con rociadores. Esta distancia podrá aumentar o disminuir, según el tipo y riesgo de cada edificación, según se establece en la siguiente tabla:

TIPOS DE RIESGOS	CON ROCIADORES	SIN ROCIADORES
Edificación de Riesgo ligero (bajo)	60 m	45 m
Edificación de Riesgo moderado (ordinario)	60 m	45 m
Industria de Alto riesgo	23 m	Obligatorio uso de rociadores

c.1. En industrias se utilizará la clasificación de riesgo del Decreto Supremo 42-F Reglamento de Seguridad Industrial y para otros riesgos, la descrita en la Norma A.130.

c.2. Para edificaciones en general la clasificación de riesgo está en función del uso y carga térmica, de la siguiente manera:

i. Riesgo Ligero (bajo) menor a 35 Kg de madera/m² equivalente (160,000 Kcal/m²) Los contenidos de riesgo ligero (bajo), deberán ser clasificados como aquellos que tienen tan baja combustibilidad, que debido a ello no puede ocurrir la auto propagación del fuego.

ii. Riesgo Moderado (ordinario) mayor de 35 Kg de madera/m² equivalente (160,000 Kcal/m²) y menor de 70 Kg. de madera equivalente (340,000 Kcal/m²). Los contenidos de riesgo moderado (ordinario) se deberán clasificar como aquellos que tienen posibilidad de arder con moderada rapidez o de generar un volumen de humo considerable.

iii. Riesgo alto mayor a 70 Kg de madera/m² equivalente (340,000 Kcal/m²) Los contenidos de riesgo alto se deberán clasificar como aquellos que tienen posibilidad de arder con extrema rapidez o de los cuales se pueden esperar explosiones

CASOS PARTICULARES – OPCIONES

EDIFICACIÓN	CON ROCIADORES	SIN ROCIADORES
Oficinas con una salida hasta la escalera (Ver gráfico 1)	30 m (*)	
Oficinas con dos o más rutas alternas de evacuación hasta la escalera (Ver gráficos 2 y 3)	90 m (*)	60 m (*)
Salud – hospitales	60 m	Obligatorio uso de rociadores
Estacionamientos techados abiertos en el perímetro, ventilados por mínimo 3 lados.	125 m	90 m
Estacionamientos techados cerrados	60 m	45 m
ALMACENES		
Almacenes de riesgo ligero (bajo)	Sin limite de distancia	Sin limite de distancia
Almacenes riesgo moderado (ordinario)	125 m	90 m
Almacenes alto riesgo	30 m	23 m
Almacenes de líquidos inflamables	45 m	Obligatorios uso de rociadores

GRAFICO 1:

DISTANCIA DE EVACUACIÓN – OFICINAS CON UNA ESCALERA DE EVACUACIÓN

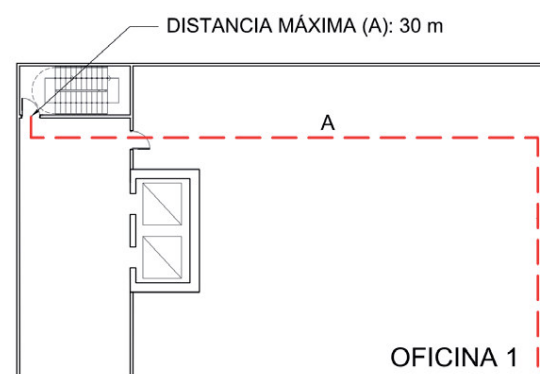


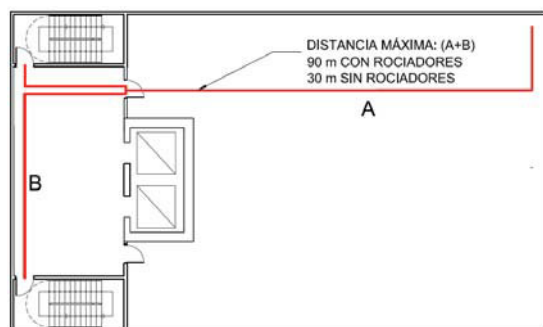
GRAFICO 2:

DISTANCIA DE EVACUACIÓN – OFICINAS CON UN SOLO ACCESO AL HALL Y DOS ESCALERAS DE EVACUACIÓN



GRAFICO 3:

DISTANCIA DE EVACUACIÓN – OFICINAS CON DOS ACCESOS AL HALL Y DOS ESCALERAS DE EVACUACIÓN



(*) NOTAS:

i) Para el caso de oficinas donde la distancia de recorrido interno más desfavorable supere lo indicado se deberá considerar una ruta alterna.

ii) Las distancias de evacuación se miden de la siguiente manera:

a) En plantas con distribución de mobiliario, desde el punto más remoto, en ángulos de 90°

b) En plantas con distribución de mobiliario, desde el punto más remoto se toma la distancia de recorrido por los pasillos de evacuación.

d) En edificaciones de uso residencial se podrá agregar 11 m adicionales, medidos desde la puerta del departamento hasta la puerta de ingreso a la ruta de evacuación.

e) Sin perjuicio del cálculo de evacuación mencionado, la dimensión mínima del ancho de los pasajes y circulaciones horizontales interiores, medido entre los muros que lo conforman será las siguientes:

Interior de las viviendas	0.90 m.
Pasajes que sirven de acceso hasta a dos viviendas	1.00 m.
Pasajes que sirven de acceso hasta a 4 viviendas	1.20 m.
Áreas de trabajo interiores en oficinas	0,90 m
Locales comerciales	1.20 m.
Locales de salud	1.80 m
Locales educativos	1.20 m

CAPITULO VI

CIRCULACIÓN VERTICAL, ABERTURAS AL EXTERIOR, VANOS Y PUERTAS DE EVACUACIÓN

Artículo 26.- Existen 2 tipos de escaleras:

A. INTEGRADAS

Son aquellas que no están aisladas de las circulaciones horizontales y cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de tránsito de las personas entre pisos de manera fluida y visible. Estas escaleras pueden ser consideradas para el cálculo y el sustento como medios de evacuación, si la distancia de recorrido lo permite. No son de construcción obligatoria, ya que dependen de la solución arquitectónica y características de la edificación.

B. DE EVACUACIÓN

Son aquellas a prueba de fuego y humos, sirven para la evacuación de las personas y acceso del personal de respuesta a emergencias. Estas escaleras deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Toda escalera de evacuación, deberá ser ubicada de manera tal que permita a los usuarios en caso de emergencia, salir del edificio en forma rápida y segura.

2. Deben ser continuas del primer al último piso en sentido vertical y/o horizontal. Por lo menos el 50 % de estas tendrán que mantener la continuidad hasta la azotea, si la hubiera. A excepción de edificios residenciales, donde el acceso a la azotea podrá ser mediante una escalera del tipo gato y en otros usos donde se cuente con varias escaleras al menos una de estas estará obligada a llegar a la azotea.

3. Deben entregar directamente a la acera, al nivel del suelo o en vía pública amplia y segura al exterior, o en su defecto a un espacio compartimentado cortafuego que conduzca hacia la vía pública. Para el caso de vivienda cuando la edificación cuente con una sola escalera esta podrá evacuar por el hall de ingreso, asegurando que los materiales no sean inflamables.

4. No será continua a un nivel inferior al primer piso, a no ser que esté equipada con una barrera de contención y direccionamiento en el primer piso, que imposibilite a las personas que evacuan el edificio continuar bajando accidentalmente al sótano, o a un nivel inferior al de la salida de evacuación

5. El vestíbulo previo ventilado deberá contar con un área mínima que permita el acceso y maniobra de una camilla de evacuación o un área mínima de 1/3 del área que ocupa el cajón de la escalera. No es obligatorio el uso de vestíbulo previo ventilado en primer piso, por considerarse de nivel de descarga de evacuantes.

6. El ancho útil de las puertas a los vestíbulos ventilados y a las cajas de las escaleras deberán ser calculadas de acuerdo con lo especificado en la Norma A.130, artículo 22°. En ningún caso tendrán un ancho de vano menor a 1,00 m.

7. Las puertas de acceso a las cajas de escalera deberán abrir en la dirección del flujo de evacuación de las personas y su radio de apertura no deberá invadir el área formada por el círculo que tiene como radio el ancho de la escalera.

8. Tener un ancho libre mínimo del tramo de escalera de 1,20 m, este ancho podrá incluir la proyección de los pasamanos.

9. Tener pasamanos a ambos lados separados de la pared un máximo de 5 cm. El ancho del pasamanos no será mayor a 5 cm pasamanos con separaciones de anchos mayores requieren aumentar el ancho de la escalera.

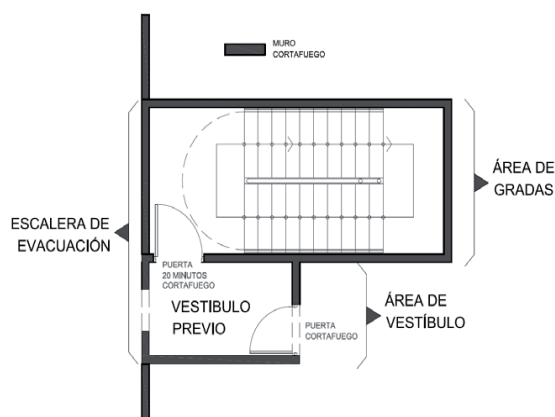
10. Deberán ser construidas de material incombustible, en cualquiera de los casos deberá de mantener la resistencia estructural al fuego que se solicita en el numeral 15.

11. En el interior de la caja de escalera no deberán existir obstáculos, materiales combustibles, ductos o aperturas.

12. Los pases desde el interior de la caja hacia el exterior deberán contar con protección cortafuego (sellador) no menor a la resistencia cortafuego de la caja.

13. Al interior de las escaleras de evacuación (área de gradas y área de vestíbulo previo), son permitidas

únicamente las instalaciones de los sistemas de protección contra incendios.



14. Tener cerramientos de la caja de la escalera con una resistencia al fuego de 1 hora en caso que tenga hasta 15 metros de altura; de 2 horas en caso que tengan desde 15 metros de altura hasta 72 metros de altura; y de 3 horas en caso que tengan desde 72 metros de altura o más.

15. Contar con marcos, puertas y accesorios corta fuego con una resistencia no menor a 75% de la resistencia de la caja de escalera a la que sirven y deberán también ser a prueba de humo de acuerdo con la Norma A.130.

16. El espacio bajo las escaleras no podrá ser empleado para uso alguno, si es que se ubica dentro de la caja de escaleras.

17. No se permiten accesos a ductos y/o montantes a través de la escalera de evacuación, salvo de los sistemas de seguridad contra incendios.

18. Deberán contar con un pase para manguera contra incendio, de tipo cuadrado de 0,20 m de lado, a no más de 0,30 m de altura medido a la parte superior del pase, debidamente señalizado al interior de la escalera, manteniendo el cerramiento cortafuego con material fácilmente frangible desde el interior de la escalera.

19. La escalera de evacuación no deberá tener otras aberturas que las puertas de acceso.

20. Las escaleras de evacuación no podrán ser de tipo caracol, salvo que comunique máximo dos niveles continuos, que sirva a no más de 5 personas, con pasamano a ambos lados y con una clasificación de riesgo ligero.

Las tipologías de escaleras de evacuación pueden ser:

B.1) CON VESTÍBULO PREVIO VENTILADO (para evacuación de humos): Sus características son las siguientes:

1. La puerta de acceso al vestíbulo previo ventilado desde el área del piso deberá ser resistente al fuego con un mínimo de $\frac{3}{4}$ del tiempo de resistencia del cerramiento y con cierre automático.

2. La puerta que comunica el vestíbulo previo ventilado con la escalera, deberá tener una resistencia al fuego mínima de 20 minutos, deberán contar con cierre automático.

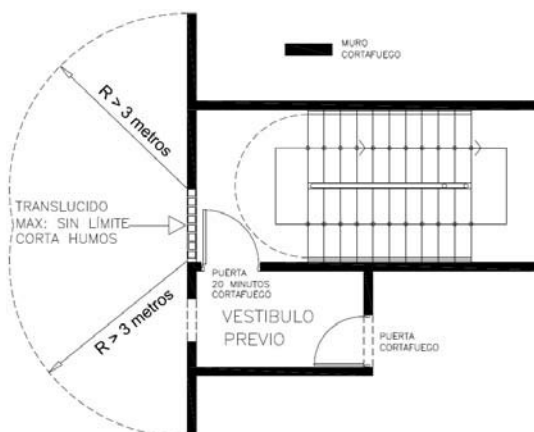
3. El acceso será únicamente a través de un vestíbulo previo ventilado que separe la caja de la escalera del resto de la edificación.

4. En caso que se opte por dar iluminación natural a la caja de la escalera (área de gradas), se podrá utilizar las siguientes alternativas:

4.1. Distancias menores o iguales a 3 m: Se permitirá un vano cerrado con material translúcido y cortafuego en cualquiera de sus caras, el cual no excederá de 1,50 m² cuando la distancia entre el vano y cualquier punto de una abertura u otra edificación sea menor a 3 m.



4.2. Para distancias mayores a 3 m: no hay limitación de área para el material translúcido y tampoco requerimiento corta fuego, únicamente corta humos.



5. La profundidad del vestíbulo previamente ventilado medido entre ejes centrales de los vanos de las puertas en el sentido de la evacuación, deberá ser de 1,80 m como mínimo. En caso que exista un segundo ingreso al vestíbulo previo ventilado, no se requerirá ampliar la profundidad del vestíbulo.

6. Únicamente para edificaciones residenciales, los equipos para la inyección y extracción de aire deberán ubicarse en cada nivel de la escalera, no es permitida la instalación de equipos centralizados (un solo ventilador o extractor para toda la escalera).

a) Escaleras de evacuación con vestíbulo previo que ventila directamente al exterior

El vestíbulo previo podrá ventilar hacia el exterior de la edificación (hacia un lugar abierto) siempre y cuando no exista algún vano cercano en un radio de 6 m medidos desde los extremos del vano por donde ventila. Asimismo, deberá tener un vano abierto al exterior de un mínimo de 1,50 m².



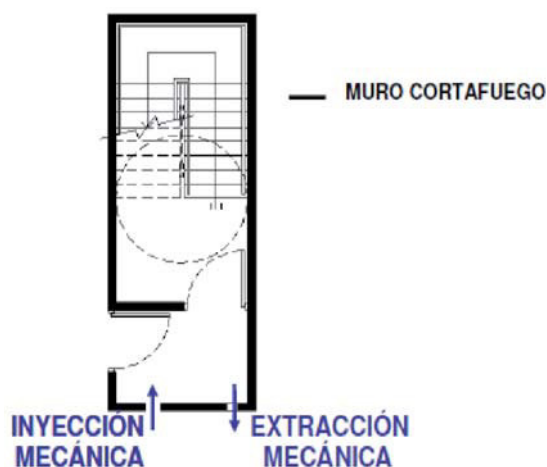
b) Escaleras de evacuación con vestíbulo previo, que ventila a través de un sistema de extracción mecánica.

El vestíbulo previo, podrá ventilar por medio de un sistema de extracción mecánica, hacia el exterior de la edificación, siempre y cuando, se establezca un cerramiento contra humos en dicho vestíbulo. El sistema de extracción mecánica deberá ser instalado en cada vestíbulo previo del nivel al que entrega.

Asimismo, el sistema de extracción mecánica puede ventilar al exterior de la edificación por medio de un ducto de ventilación propio, es decir, de uso exclusivo para dichos extractores. No se aceptarán soluciones en las que el ducto cuente con vanos provenientes de otros ambientes de la edificación.

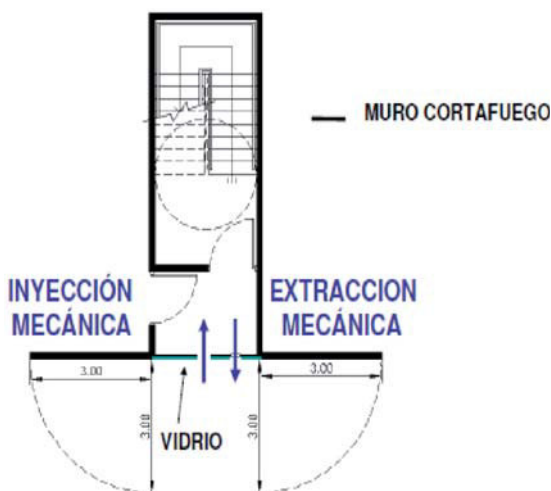
Solución A:

El vestíbulo previo ventila por medio de un sistema de extracción mecánica al exterior de la edificación



Solución B:

El vestíbulo previo ventila por medio de un sistema de extracción mecánica al exterior de la edificación. Este cerramiento podrá ser de vidrio hacia el exterior de la edificación (hacia un lugar abierto) siempre y cuando no exista alguna ventana o vano en 3,00 m mínimos medidos desde el extremo del vidrio en forma horizontal y/o perpendicular.



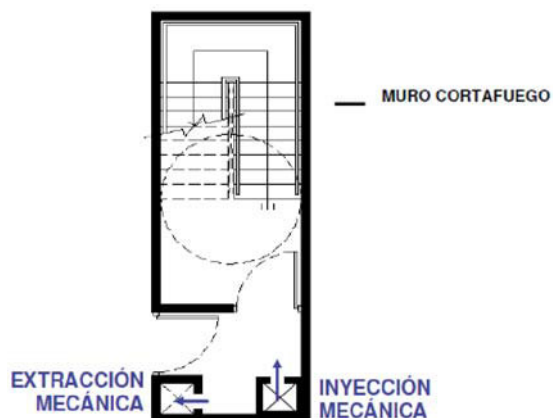
Solución C:

El vestíbulo previo ventila por medio de un sistema de extracción mecánica a un ducto de ventilación ubicado al exterior del vestíbulo.



Solución D:

El vestíbulo previo ventila por medio de un sistema de extracción mecánica a un ducto de ventilación ubicado dentro del vestíbulo.



El diseño deberá garantizar que el sistema de extracción mecánica se active de forma automática, cuando se genere un evento de incendio en la edificación, por lo que deberá de interconectarse con el sistema de detección y alarma de incendios de la edificación. El suministro de energía necesario para el funcionamiento de los sistemas de extracción mecánica deberá ser protegido contra incendios con una resistencia no menor a 2 horas. Los extractores mecánicos deberán ser abastecidos por una fuente secundaria de energía. La activación automática del sistema deberá de efectuarla un detector de humo ubicado dentro de los 3 m de la puerta de entrada del hall al vestíbulo previo.

El diseño, cálculo y dimensionamiento del sistema de extracción mecánica y sus componentes deberán ser efectuados de acuerdo a los requerimientos establecidos en el Código NFPA 101 Capítulo 7, así como también de acuerdo con los siguientes criterios de diseño:

- El vestíbulo deberá de contar con por lo menos un cambio de aire por minuto.
- La extracción de aire en el vestíbulo deberá ser el 150% de la inyección de aire al vestíbulo.
- Los ductos de inyección y extracción deberán ser independientes entre sí, y únicamente podrán ser usados con propósitos de ventilación, ningún otro tipo de instalación será permitida al interior de estos ductos.
- La base de la rejilla de inyección de aire deberá de ubicarse a no más de 0,15 m sobre el nivel del piso, al interior del vestíbulo.
- La parte superior de la rejilla de extracción de aire, deberá de ubicarse a no más de 0,15 m debajo del nivel del techo, al interior del vestíbulo.

f) Cuando las puertas de la escalera se encuentran abiertas no deberán de obstruir las rejillas de inyección o extracción.

g) Entre la parte superior del vano de la puerta y el nivel del techo, deberá haber una distancia de 50 cm, con el fin de que el vestíbulo se convierta en una trampa de humos. Son permitidas distancias menores cuando el diseño de ingeniería del sistema de extracción, así como las pruebas de campo lo sustenten.

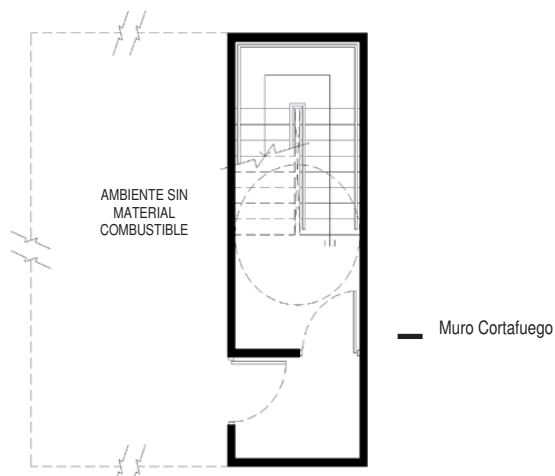
h) La escalera (área de gradas) deberá de contar con un dâmpier de alivio de presión en la parte superior, de funcionamiento mecánico, con capacidad suficiente para descargar al menos 70,8 m³/min y se mantenga en su interior una presión positiva no menor a 0,00025 bar (0,10 pulgadas de agua) con todas las puertas que dan al área de vestíbulo cerradas



B.2) ESCALERAS DE EVACUACIÓN CON VESTÍBULO PREVIO NO VENTILADO

Únicamente permitidas para ocupaciones de riesgo ligero, cuando el área en donde se encuentra la puerta de ingreso desde la edificación al interior del vestíbulo previo no ventilado a la escalera, no cuente con material combustible, y con un área no menor de 4 m².

También permitida en usos de vivienda, siempre y cuando las puertas de las viviendas que entreguen al vestíbulo (ambiente sin material combustible) tengan una resistencia al fuego de 20 minutos y la edificación disponga de un sistema de detección y alarma de incendios como establece la Norma A 130.



B.3) PRESURIZADAS: Sus características son las siguientes:

1. Contarán con un sistema mecánico que inyecte aire a presión dentro de la caja de la escalera siguiendo los parámetros establecidos en la Norma A.130
2. Deben estar cerradas al exterior.
3. Este tipo de escaleras no están permitidas en edificaciones residenciales.

B.4) ABIERTAS: Sus características son las siguientes:

1. Están abiertas al exterior por lo menos en uno de sus lados con una superficie de al menos 1 m² en cada piso.

2. El vano abierto al exterior estará a una distancia de 6 m o más de un vano de la edificación a la que sirve.

3. Esta separación deberá tener una resistencia al fuego no menor de 1 hora. La separación de 6 m deberá ser medida horizontal y perpendicular al vano.

4. Esta escalera es solo aceptada para edificaciones no mayores a 30 metros de altura medidos sobre el nivel de la calle.

4.1. Excepción 1: En edificaciones existentes, en donde se requiera la incorporación de una escalera adicional de evacuación, ésta podrá ser abierta hasta un máximo de 60 metros de altura.

4.2. Excepción 2: Para edificaciones nuevas la altura de la escalera abierta podrá ser ilimitada siempre y cuando se ofrezca un diseño arquitectónico que minimice la percepción de efectos tales como vértigo, referido al impacto visual de la altura sobre los evacuantes.

B.5) CERRADAS: Sus características son las siguientes:

1. Cuando todos sus lados cuentan con un cerramiento con una resistencia no menor a 1 hora, incluyendo la puerta.

2. Serán aceptadas únicamente en edificaciones no mayores de 15 metros de altura y protegidas 100% por un sistema de rociadores según estándar NFPA 13.

B.6) MIXTAS:

1. Se darán en edificaciones que cuenten con estacionamientos subterráneos.

2. Se podrá usar en estacionamientos escaleras cerradas (cumpliendo los requisitos de B.5) y en los pisos superiores escaleras con vestíbulo previo ventilado (cumpliendo con cualquiera de las alternativas planteadas en B.1)

Artículo 27.- El número y ancho de las escaleras se determinará según la distancia de viaje del evacuante, medido desde el ambiente más alejado de la escalera, y el piso con mayor aforo.

La cantidad de escaleras de evacuación se calcula en función al cumplimiento de los siguientes criterios:

a) Independientemente de la capacidad de carga de las escaleras y la relación con el número de ocupantes, en toda edificación se requiere como mínimo dos escaleras de evacuación, con la excepción señalada en el Artículo 28.

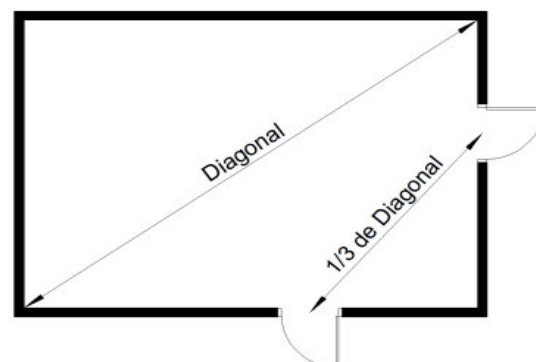
b) Ancho útil requerido para evacuar, medido en función a la máxima carga de ocupantes por piso o nivel, establecido en la Norma A.130 Artículo 22.

c) Distancia de recorrido del evacuante. (ver Artículo 25 inciso C).

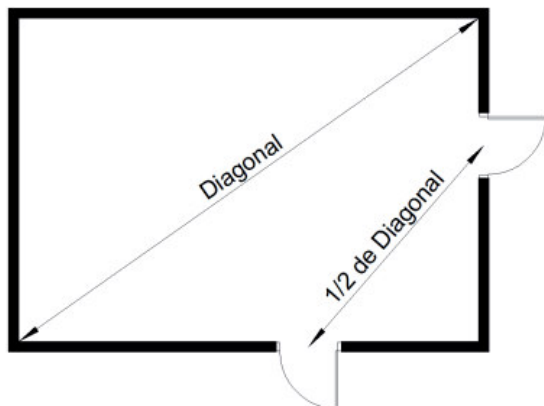
d) Concepto de ruta alterna de escape.

e) Según requerimientos específicos que establezca el presente Reglamento: RNE Norma A.130, Artículo 22 (Para resultados de cálculos superiores a 1,20 m de ancho no es aplicable el redondeo en módulos de 0,60 m) y Artículo 23.

f) Cuando se requieran dos o más escaleras, y la edificación cuente con un sistema de rociadores, estas deberán ubicarse en rutas opuestas con una distancia mínima entre puertas de escape equivalente a 1/3 de la diagonal mayor de la planta del edificio al que sirven.



g) En caso la edificación no cuente con un sistema de rociadores, las escaleras deberán ubicarse en rutas opuestas con una distancia mínima entre puertas de escape equivalente a $\frac{1}{2}$ de la diagonal mayor de la planta del edificio al que sirven:

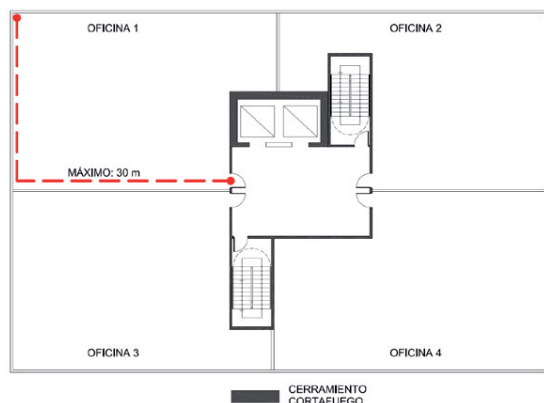


Las formas para establecer la distancia de separación entre escaleras son las siguientes:

1. La distancia entre los ejes de los vanos de las puertas.
2. Por distancia de viaje del evacuante, siempre y cuando el recorrido no se de forma sinuosa y se considere un cerramiento 1 hora corta fuego en los muros y corta humo en las puertas de acceso.
3. Para usos de oficinas con plantas mayores a 650 m² y más de 21 metros de altura, se podrá prescindir del concepto de distancia de separación entre escaleras de evacuación, cuando se cumplan todas las siguientes condiciones, manteniendo el objetivo de lograr una ruta alterna de evacuación vertical:

3.1 OPCIÓN 1:

- a) La distancia máxima de recorrido, desde el punto más alejado de la edificación hasta la puerta de ingreso al hall en donde se encuentran las escaleras de evacuación sea de 30 m
- b) Las puertas y paredes del hall donde se encuentra la escalera de evacuación, así como sus penetraciones, deberán tener una resistencia al fuego mínima de 1 hora (no incluye las puertas de los ascensores).
- c) La planta completa deberá de contar con un sistema de rociadores automáticos de acuerdo a la Norma A.130 artículo 162.



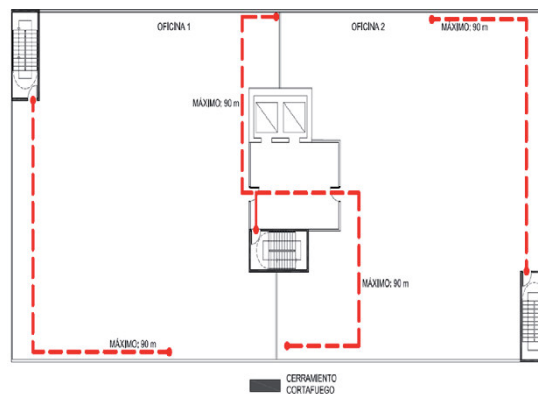
3.2 OPCIÓN 2:

- a) La oficina cuenta con 2 escaleras de evacuación, y la distancia máxima de recorrido, desde el punto más alejado de la edificación hasta la puerta de las escaleras de evacuación sea de 90 m.
- b) Una de las salidas deberá de ubicarse al interior de

la oficina y contar con cerramiento 2 horas cortafuego.

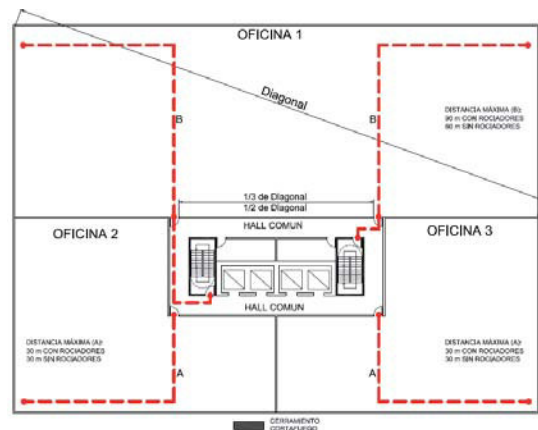
c) La escalera ubicada en el hall deberá de contar con cerramiento 2 horas cortafuego.

d) La planta deberá de contar con un sistema de rociadores automáticos de acuerdo a la Norma A.130 artículo 162.



3.3 OPCIÓN 3:

- a) Las oficinas que por distancia de recorrido requieran dos o más salidas al hall, deberán contar con salidas separadas por $\frac{1}{3}$ o $\frac{1}{2}$ de la diagonal mas desfavorable de la oficina (no de la planta del edificio) según la protección requerida.
- b) Las oficinas con una sola salida podrán tener una distancia máxima de recorrido de 30 m hacia el hall donde se encuentran las escaleras de evacuación.
- c) Las escaleras deberán estar ubicadas de forma opuesta para dotar de la ruta alterna al evacuante
- d) Las escaleras ubicadas en el hall deberán de contar con cerramiento 2 horas cortafuego y cumplir con cualquiera de las alternativas permitidas en la presente Norma.



h) Para edificaciones de uso residencial, cuando sea requerido dos escaleras de evacuación, se podrá prescindir del distanciamiento entre las salidas de evacuación, siempre y cuando se cumplan con todos los siguientes requisitos:

1. El hall deberá ser un espacio de forma regular.
2. Las puertas de los departamentos deberán entregar directamente al hall. La puerta debe abrir hacia el interior de la vivienda.
3. Las escaleras deberán estar ubicadas de forma opuesta para dotar de la ruta alterna al evacuante
4. La distancia de viaje del evacuante dentro de la vivienda no se incluye dentro del cálculo del recorrido común.
5. Las puertas de los departamentos deberán contar con un brazo cierrapuertas automático y una resistencia al fuego de 20 minutos mínimo.

Artículo 28.- Sin importar su uso, toda edificación deberá contar por lo menos con 2 escaleras de evacuación, a excepción de los siguientes casos:

a) En edificaciones residenciales, por cada edificación:

1. De hasta 15 metros de altura, medidos desde el nivel más bajo del acceso del camión de bomberos, podrán contar con una sola escalera, la que podrá ser integrada y deberá cumplir con las características del Artículo 26 incisos b) 1, 2, 7, 8 y 20.

2. De más de 15 metros de altura se requieren como mínimo dos escaleras de evacuación, salvo que se cumplan todos los siguientes requisitos para que se pueda contar con una sola escalera de evacuación:

2.1. No mayor de 60 metros de altura medidos desde el nivel más bajo del acceso del camión de bomberos.

2.2. El acceso a la escalera de evacuación sea a través de un vestíbulo previo, sin carga combustible, de acuerdo a cualquiera de las alternativas planteadas en la presente Norma.

2.3. Ciente, cada uno de los departamentos, con detección de humos, por lo menos en el hall que une los dormitorios y alarma de incendios en el interior del departamento, ambos conectados a un sistema centralizado.

b) En edificaciones de oficinas, se requieren como mínimo dos escaleras de evacuación, salvo que se cumplan todos los siguientes requisitos para que se pueda contar con una sola escalera de evacuación:

1. No mayor de 30 metros de altura medidos desde el nivel más bajo del acceso del camión de bomberos.

2. Para el caso de escaleras integradas usadas como ruta de evacuación, la distancia máxima de recorrido, desde el punto más alejado de la edificación hasta el exterior de la edificación no sea mayor a 45 m si la edificación no cuenta con rociadores o 60 m si la edificación cuenta con rociadores.

3. Para el caso de escaleras de evacuación, ésta cumpla con cualquiera de las alternativas planteadas en la presente Norma y entregue directamente al exterior de la edificación o a un hall del primer piso compartimentado cortafuego y la distancia de recorrido desde la puerta de la escalera de evacuación hasta la puerta del edificio no supere los 10 m.

4. La distancia máxima de recorrido, desde el punto más alejado de la planta hasta la puerta de ingreso a la escalera de evacuación no sea mayor a 30 m.

5. La planta completa (piso) tenga un área máxima de 650 m².

6. La carga máxima de evacuantes por planta (piso) sea menor a 100 personas.

7. Toda la edificación cuente con un sistema de detección de humos y alarma de incendios centralizado de acuerdo a la Norma A.130.

c) En edificaciones de hospedaje, se requieren como mínimo dos escaleras de evacuación, salvo que cumplan todos los siguientes requisitos para que se pueda contar con una sola escalera de evacuación:

1. No mayor de 12 metros de altura medidos desde el nivel más bajo del acceso del camión de bomberos.

2. Existen no más de 12 habitaciones por piso.

3. La edificación se encuentra protegida con rociadores.

4. La escalera de evacuación no sirve a más de la mitad del nivel del piso inferior al nivel de descarga.

5. La distancia de recorrido desde la puerta de la habitación hasta la salida es menor de 10.7m.

6. La escalera se encuentra compartimentada o separada del resto del edificio con muros de resistencia al fuego de mínimo 1hr.

7. En toda apertura del cerramiento que separa la escalera del edificio deberán ubicarse puertas con dispositivos de cierre automático y con resistencia al fuego para muros de 1hr.

8. Todos los corredores de acceso a la salida deben contar con una resistencia al fuego de mínima 1hr.

9. La separación tanto vertical como horizontal entre las habitaciones deberán tener una resistencia al fuego mínima de 30min.

d) En edificaciones de comercio, se requieren como mínimo dos escaleras de evacuación, salvo que se cumplan todos los siguientes requisitos para que se pueda contar con una sola escalera de evacuación:

1. No mayor de 9 metros de altura medidos desde el nivel más bajo del acceso del camión de bomberos.

2. Para el caso de escaleras integradas usadas como ruta de evacuación, la distancia máxima de recorrido, desde el punto más alejado de la edificación hasta el exterior de la edificación no sea mayor a 45 m si la edificación no cuenta con rociadores o 60 m si la edificación cuenta con rociadores.

3. Para el caso de escaleras de evacuación, ésta cumpla con cualquiera de las alternativas planteadas en la presente Norma y entregue directamente al exterior de la edificación, con una distancia máxima de recorrido, desde el punto más alejado de la planta hasta la puerta de ingreso a la escalera de evacuación no sea mayor a 30 m.

4. La planta completa tenga un área máxima de 300 m².

5. Toda la edificación cuente con un sistema de detección de humos y alarma de incendios centralizado de acuerdo a la Norma A.130 artículo 53.

6. Es permitido el uso de escaleras integradas, cumpliendo las distancias de viaje del evacuante descritas en el punto 2, siempre y cuando la ruta de evacuación pase a más de 6 m de cualquier hogar, parrilla, chimenea o cualquier otro artefacto que presente llama viva (fuego) expuesta. No incluye hornos con dispositivos de puertas o mecanismos de cierre.

7. El uso de una sola escalera de evacuación no es permitido en Galerías Comerciales, Complejos Comerciales y Mercados (mayorista y minorista).

e) En edificaciones mayores a 175 m de altura (sin importar el uso), medidos desde el nivel más bajo del acceso del camión de bomberos, deberán contar mínimo con 3 escaleras de evacuación.

f) En cualquier uso, para áreas o cuartos al interior de edificaciones, sobre o bajo nivel de piso, en donde operen motores tales como grupo electrógeno y/o bombas contra incendios, con un volumen total de almacenamiento de combustible (diésel) no mayor a 3,785 litros (1,000 galones), que se encuentre abasteciendo al o los motores, no será aplicable la legislación nacional de hidrocarburos, se requiere de 1 sola escalera de acceso al área, con ancho no menor a 0,90 m; cuando el aforo y la distancia de viaje del evacuante lo permitan.

Artículo 29.- Las escaleras en general, integradas o de evacuación, están conformadas por tramos, descansos y barandas. Los tramos están formados por gradas. Las gradas están conformadas por pasos y contrapasos.

Las condiciones que deberán cumplir las escaleras son las siguientes:

a) Las escaleras contarán con un máximo de diecisiete pasos entre descansos.

b) La dimensión de los descansos deberá tener un mínimo de 0,90 m de longitud para escaleras lineales; para otro tipo de escaleras se considerará que el ancho del descanso no será menor al del tramo de la escalera.

c) En cada tramo de escalera, los pasos y los contrapasos serán uniformes, debiendo cumplir con la regla de 2 contrapasos + 1 paso, debe tener entre 0,60 m y 0,64 m, con un mínimo de 0,25 m para los pasos en viviendas, 0,28 m en comercios y 0,30 m en locales de afluencia masiva de público, de salud y educación y un máximo de 0,18 m para los contrapasos, medido entre las proyecciones verticales de dos bordes contiguos.

d) El ancho establecido para las escaleras se considera entre las paredes de cerramiento que la conforman, o sus límites en caso de tener uno o ambos lados abiertos. La presencia de pasamanos no constituye una reducción del ancho de la escalera.

e) Las escaleras tendrán un ancho mínimo de 1,20 m

f) Las escaleras de más de 1,20 m hasta 2,40 m tendrán pasamanos a ambos lados. Las que tengan más de 2,40 m, deberán contar además con un pasamanos central.

g) Únicamente en las escaleras integradas podrán existir pasos en diagonal siempre que a 0,30 m del inicio del paso, este tenga cuando menos 0,28 m.

Artículo 30.- Los ascensores en las edificaciones deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Son obligatorios a partir de un nivel de circulación común superior a 12 m sobre el nivel del ingreso a la edificación desde la vereda.
- b) Los ascensores deberán entregar en los vestíbulos de distribución de los pisos a los que sirve. No se permiten paradas en descansos intermedios entre pisos.
- c) Todos los ascensores, sin importar el tipo de edificación a la que sirven, deben estar interconectados con el sistema de detección y alarma de incendios de la edificación, que no permita el uso de los mismos en caso de incendio, enviándolos automáticamente al nivel de salida, según Código NFPA 72.
- d) Todos los ascensores que comuniquen más de 7 niveles, medidos a partir del nivel del acceso desde la vía pública, deberán cumplir con un sistema de llave exclusiva para uso de bomberos bajo la Norma ASME A17.1/CSA B44, que permita a los bomberos el control del ascensor desde la cabina.

Artículo 31.- Para el cálculo del número de ascensores, capacidad de las cabinas y velocidad, se deberá considerar lo siguiente:

- a) Destino del edificio.
- b) Número de pisos, altura de piso a piso y altura total.
- c) Área útil de cada piso.
- d) Número de ocupantes por piso.
- e) Número de personas visitantes.
- f) Tecnología a emplear.

El cálculo del número de ascensores es responsabilidad del profesional responsable y del fabricante de los equipos. Este cálculo forma parte de los documentos del proyecto

Artículo 32.- Las rampas para personas deberán tener las siguientes características:

- a) Tendrán un ancho mínimo de 1,00 m, incluyendo pasamanos, entre los paramentos que la limitan. En ausencia de paramento, se considera la sección.
- b) La pendiente máxima será de 12% y estará determinada por la longitud de la rampa.
- c) Deberán tener barandas según el ancho, siguiendo los mismos criterios que para una escalera.

Artículo 33.- Todas las aberturas al exterior, mezaninos, costados abiertos de escaleras, descansos, pasajes abiertos, rampas, balcones, terrazas, y ventanas de edificios, que se encuentren a una altura superior a 1 m sobre el suelo adyacente, deberán estar provistas de barandas o antepechos de solidez suficiente para evitar la caída fortuita de personas. Debiendo tener las siguientes características:

- a) Tendrán una altura mínima de 1,00 m, incluyendo pasamanos, medida desde el nivel de piso interior terminado. En caso de tener una diferencia sobre el suelo adyacente de 11,00 m o más, la altura será de 1,00 m como mínimo. Deberán resistir una sobrecarga horizontal, aplicada en cualquier punto de su estructura, superior a 50 kilos por metro lineal, salvo en el caso de áreas de uso común en edificios de uso público en que dicha resistencia no podrá ser inferior a 100 kilos por metro lineal.
- b) En los tramos inclinados de escaleras la altura mínima de baranda será de 0,85 m medida verticalmente desde la arista entre el paso y el contrapaso.
- c) Las barandas transparentes y abiertas tendrán sus elementos de soporte u ornamentales dispuestos de manera tal que no permitan el paso de una esfera de 0,13 m de diámetro entre ellos.
- d) Se exceptúan de lo dispuesto en este artículo las áreas cuya función se impediría con la instalación de barandas o antepechos, tales como andenes de descarga.
- e) No aplica para muro cortina de las edificaciones.

Artículo 34.- Las dimensiones de los vanos para la instalación de puertas de acceso, comunicación y salida, deberán calcularse según el uso de los ambientes a los que sirven y al tipo de usuario que las empleará, cumpliendo los siguientes requisitos:

- a) La altura mínima será de 2,10 m
- b) Los anchos mínimos de los vanos en que instalarán puertas serán:

- | | |
|-------------------------------|----------|
| 1) Vivienda ingreso principal | : 0,90 m |
| 2) Vivienda habitaciones | : 0,80 m |
| 3) Vivienda baños | : 0,70 m |

- c) El ancho de un vano se mide entre muros terminados.

Artículo 35.- Las puertas de evacuación son aquellas que forman parte de la ruta de evacuación. Las puertas de uso general podrán ser usadas como puertas de evacuación siempre y cuando cumplan con lo establecido en la Norma A.130. Las puertas de evacuación deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La sumatoria del ancho de los vanos de las puertas de evacuación, mas los de uso general que se adecuen como puertas de evacuación, deberán permitir la evacuación del local al exterior o a una escalera o pasaje de evacuación, según lo establecido en la norma A-130
- b) Deberán ser fácilmente reconocibles como tales, y señalizadas de acuerdo con la NTP 399.010-1. Únicamente es obligatoria, hacia el lado del ingreso a la puerta de evacuación, la señal iluminada de SALIDA.
- c) No podrán estar cubiertas con materiales reflectantes o decoraciones que disimulen su ubicación.
- d) Deberán abrir en el sentido de la evacuación cuando por esa puerta pasen más de 50 personas.
- e) Cuando se ubiquen puertas a ambos lados de un pasaje de circulación deben abrir 180 grados y no invadir más del 50% del ancho calculado como vía de evacuación.
- f) Las puertas giratorias o corredizas no se consideran puertas de evacuación, a excepción de aquellas que cuenten con un dispositivo para convertirlas en puertas batientes.
- g) No pueden ser de vidrio crudo. Pueden emplearse puertas de cristal templado, laminado o con película protectora.
- h) Las puertas de las viviendas podrán abrir hacia adentro, al interior de la vivienda a la que sirven.

CAPÍTULO VII

SERVICIOS SANITARIOS

Artículo 36.- Las edificaciones que contengan varias unidades inmobiliarias independientes deberán contar con medidores de agua por cada unidad.

Los medidores deberán estar ubicados en lugares donde sea posible su lectura sin que se deba ingresar al interior de la unidad a la que se mide.

Artículo 37.- El número de aparatos y servicios sanitarios para las edificaciones, están establecidos en las normas específicas según cada uso.

Artículo 38.- El número y características de los servicios sanitarios para discapacitados están establecidos en la Norma A.120 Accesibilidad para personas con discapacidad.

Artículo 39.- Los servicios sanitarios de las edificaciones deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La distancia máxima de recorrido para acceder a un servicio sanitario será de 50 m.
- b) Los materiales de acabado de los ambientes para servicios sanitarios serán antideslizantes en pisos e impermeables en paredes, y de superficie lavable.
- c) Todos los ambientes donde se instalen servicios sanitarios deberán contar con sumideros, para evacuar el agua de una posible inundación.
- d) Los aparatos sanitarios deberán ser de bajo consumo de agua.
- e) Los sistemas de control de paso del agua, en servicios sanitarios de uso público, deberán ser de cierre automático o de válvula fluxométrica.
- f) Debe evitarse el registro visual del interior de los ambientes con servicios sanitarios de uso público.
- g) Las puertas de los ambientes con servicios sanitarios de uso público deberán contar con un sistema de cierre automático.

CAPÍTULO VIII**DUCTOS**

Artículo 40.- Los ambientes destinados a servicios sanitarios podrán ventilarse mediante ductos de ventilación. Los ductos de ventilación deberán cumplir los siguientes requisitos:

a) Las dimensiones de los ductos se calcularán a razón de 0,036 m² por inodoro de cada servicio sanitario que ventilar por piso, con un mínimo de 0,24 m².

b) Cuando los ductos de ventilación alojen montantes de agua, desagüe o electricidad, deberá incrementarse la sección del ducto en función del diámetro de las montantes.

c) Cuando los techos sean accesibles para personas, los ductos de 0,36 m² o más deberán contar con un sistema de protección que evite la caída accidental de una persona.

d) Los ductos para ventilación, en edificaciones de más de 15 metros de altura, deberán contar con un sistema de extracción mecánica en cada ambiente que se sirve del ducto o un sistema de extracción eólica en el último nivel.

e) Se debe evitar que el incendio se propague por los ductos de ventilación, los cuales deben diseñarse con soluciones de tipo horizontal o vertical con dispositivos internos que eviten el ingreso de los humos en pisos superiores al del incendio, considerando el uso de trampas de humo, dämpers o artefactos similares para el control del mismo.

Artículo 41.- Las edificaciones deberán contar con un sistema de recolección y almacenamiento de basura o material residual, para lo cual deberán tener ambientes para la disposición de los desperdicios.

El sistema de recolección podrá ser mediante ductos directamente conectados a un cuarto de basura, o mediante el empleo de bolsas que se dispondrán directamente en contenedores, que podrán estar dentro o fuera de la edificación, pero dentro del lote.

Artículo 42.- En caso de existir, las características que deberán tener los ductos de basura son las siguientes:

a) Sus dimensiones mínimas de la sección del ducto serán: ancho 0,50 m largo 0,50 m, y deberán estar revestidos interiormente con material liso y de fácil limpieza.

b) La boca de recepción de basura deberá estar cubierta con una compuerta metálica contra incendio y estar ubicada de manera que no impida el paso de la descarga de los pisos superiores. No podrán ubicarse en las cajas de escaleras de evacuación.

c) La boca de recepción de basura deberá ser atendida desde un espacio propio con puerta de cierre, al cual se accederá desde el vestíbulo de distribución. La parte inferior de la boca de recepción de basura deberá estar ubicada a 0,80 m del nivel de cada piso y tendrá una dimensión mínima de 0,40 m por 0,40 m.

d) El extremo superior del ducto de basura deberá sobresalir por encima del nivel del último techo y deberá estar protegido del ingreso de roedores y de la lluvia, pero permitiendo su fácil ventilación.

e) Los ductos de basura deberán construirse con materiales resistentes al fuego por 1 hora como mínimo, las puertas que comuniquen al ducto deberán contar con un mecanismo de cierre automático y seguro.

Artículo 43.- Los ambientes para almacenamiento de basura deberán tener como mínimo dimensiones para almacenar lo siguiente:

a) Uso residencial, a razón de 30 lt/vivienda (0.03 m³) por día.

b) Usos no residenciales donde no se haya establecido norma específica, a razón de 0,004 m³/m² techado, sin incluir los estacionamientos.

Artículo 44.- Las características de los cuartos de basura serán las siguientes:

a) Las dimensiones serán las necesarias para colocar el número de recipientes necesarios para contener la basura que será colectada diariamente y permitir la

manipulación de los recipientes llenos. Deberá preverse un espacio para la colocación de carretillas o herramientas para su manipulación.

b) Las paredes y pisos serán de materiales de fácil limpieza.

c) El sistema de ventilación será natural o forzado, protegido contra el ingreso de roedores.

d) La boca de descarga tendrá una compuerta metálica a una altura que permita su vertido directamente sobre el recipiente.

e) Los cuartos que reciban basura a través de ductos, deberán ser resistentes al fuego por 1 hora y disponer de protección por rociadores, bajo es estándar NFPA 13.

Artículo 45.- En las edificaciones donde no se exige ducto de basura, deberán existir espacios exteriores para la colocación de los contenedores de basura, pudiendo ser cuartos de basura cerrados o muebles urbanos fijos capaces de recibir el número de contenedores de basura necesarios para la cantidad generada en un día por la población que atiende.

Artículo 46.- Los ductos verticales en donde se alojen montantes de agua, desagüe y electricidad, deberán tener un lado abierto hacia un ambiente de uso común.

Los ductos que contengan montantes de agua deberán contar en la parte más baja con un sumidero conectado a la red pública del diámetro de la montante más grande.

CAPÍTULO IX**REQUISITOS DE ILUMINACIÓN**

Artículo 47.- Los ambientes de las edificaciones contarán con componentes que aseguren la iluminación natural y artificial necesaria para el uso por sus ocupantes.

Se permitirá la iluminación natural por medio de teatines o tragaluces.

Artículo 48.- Los ambientes tendrán iluminación natural directa desde el exterior y sus vanos tendrán un área suficiente como para garantizar un nivel de iluminación de acuerdo con el uso al que está destinado.

Los ambientes destinados a cocinas, servicios sanitarios, pasajes de circulación, depósitos y almacenamiento, podrán iluminar a través de otros ambientes.

Los pasajes de circulación que sirven para evacuación, y en general las rutas de evacuación pueden tener iluminación natural, iluminación artificial o una combinación de ambas.

Artículo 49.- El coeficiente de transmisión lumínica del material transparente o translúcido, que sirva de cierre de los vanos, no será inferior a 0,90 m. En caso de ser inferior deberán incrementarse las dimensiones del vano.

Artículo 50.- Todos los ambientes contarán, además, con medios artificiales de iluminación en los que las luminarias factibles de ser instaladas deberán proporcionar los niveles de iluminación para la función que se desarrolla en ellos, según lo establecido en la Norma EM.010

CAPÍTULO X**REQUISITOS DE VENTILACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL**

Artículo 51.- Todos los ambientes deberán tener al menos un vano que permita la entrada de aire desde el exterior. Los ambientes destinados a servicios sanitarios, pasajes de circulación, depósitos, cuartos de control, ambientes que por razones de seguridad no puedan tener acceso a vanos al exterior, halls, ambientes en sótanos y almacenamiento o donde se realicen actividades en los que ingresen personas de manera eventual, podrán tener una solución de iluminación artificial, ventilación mecánica a través de ductos exclusivos u otros ambientes.

Artículo 52.- Los elementos de ventilación de los ambientes deberán tener los siguientes requisitos:

a) El área de abertura del vano hacia el exterior no será inferior al 5% de la superficie de la habitación que se ventila.

b) Los servicios sanitarios, almacenes y depósitos pueden ser ventilados por medios mecánicos o mediante ductos de ventilación.

Artículo 53.- Los ambientes que en su condición de funcionamiento normal no tengan ventilación directa hacia el exterior, deberán contar con un sistema mecánico de renovación de aire.

Artículo 54.- Los sistemas de aire acondicionado proveerán aire a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, medida en bulbo seco y una humedad relativa de $50\% \pm 5\%$. Los sistemas tendrán filtros mecánicos para tener una adecuada limpieza del aire.

En los locales en que se instale un sistema de aire acondicionado, que requiera condiciones herméticas, se instalarán rejillas de ventilación de emergencia hacia áreas exteriores con un área cuando menos del 2% del área del ambiente, o bien contar con un sistema de generación de energía eléctrica de emergencia suficiente para mantener el sistema de aire acondicionado funcionando en condiciones normales o hasta permitir la evacuación de la edificación.

Artículo 55.- Los ambientes deberán contar con un grado de aislamiento térmico y acústico, del exterior, considerando la localización de la edificación, que le permita el uso óptimo, de acuerdo con la función que se desarrollará en él.

Artículo 56.- Los requisitos para lograr un suficiente aislamiento térmico, en zonas donde la temperatura descienda por debajo de los 12° Celsius, serán los siguientes:

a) Los paramentos exteriores deberán ejecutarse con materiales aislantes que permitan mantener el nivel de confort al interior de los ambientes, bien sea por medios mecánicos o naturales.

b) Las puertas y ventanas al exterior deberán permitir un cierre hermético.

Artículo 57.- Los ambientes en los que se desarrollen funciones generadoras de ruido, deben ser aislados de manera que no interfieran con las funciones que se desarrollen en las edificaciones vecinas.

Artículo 58.- Todas las instalaciones mecánicas, cuyo funcionamiento pueda producir ruidos o vibraciones molestas a los ocupantes de una edificación, deberán estar dotados de los dispositivos que aislen las vibraciones de la estructura, y contar con el aislamiento acústico que evite la transmisión de ruidos molestos hacia el exterior.

CAPÍTULO XI

CÁLCULO DE OCUPANTES DE UNA EDIFICACIÓN

Artículo 59.- El cálculo de ocupantes de una edificación se hará según lo establecido en la Norma A 130 y de acuerdo a los índices de ocupación para cada tipo, según las Normas A.020, A.030, A.040, A.050, A.060, A.070, A.080, A.090, A.100 y A.110.

El número de ocupantes es de aplicación exclusiva para el cálculo de las salidas de emergencia, pasajes de circulación de personas, ascensores, dotación de servicios sanitarios, ancho y número de escaleras.

En caso de edificaciones con dos o más usos se calculará el número de ocupantes correspondiente a cada área según su uso. Cuando en una misma área se contemplen usos diferentes deberá considerarse el número de ocupantes más exigente.

CAPÍTULO XII

ESTACIONAMIENTOS

Artículo 60.- Toda edificación deberá proyectarse con una dotación mínima de estacionamientos dentro del lote en que se edifica, de acuerdo a su uso y según lo establecido en el Plan Urbano.

Artículo 61.- Los estacionamientos estarán ubicados dentro de la misma edificación a la que sirven, y solo en casos excepcionales por déficit de estacionamiento, se ubicarán en predios distintos. Estos espacios podrán estar ubicados en sótano, semi sótano, a nivel del suelo o en piso alto y constituyen un uso complementario al uso principal de la edificación.

En edificaciones de área menor a 500 m², donde el acceso a los estacionamientos que se encuentren en sótanos, podrá realizarse utilizando montacargas (monta autos).

También es permitido el uso de sistemas mecánicos o robotizados de ayuda (elevadores) para permitir estacionamiento de dos o tres niveles (un vehículo sobre el otro) en una sola planta, para semi sótanos, sótanos, a nivel de suelo, y en pisos altos.

Artículo 62.- En los casos excepcionales por déficit de estacionamiento, los espacios de estacionamientos requeridos, deberán ser adquiridos en predios que se encuentren a una distancia de recorrido peatonal cercana a la edificación que origina el déficit, mediante la modalidad que establezca la Municipalidad correspondiente, o resolverse de acuerdo a lo establecido en el Plan Urbano.

Artículo 63.- Los casos excepcionales por déficit de estacionamientos solamente se darán, cuando no es posible el acceso de los vehículos requeridos al inmueble que origina el déficit, por alguno de los siguientes motivos:

a) Por estar el inmueble frente a una vía peatonal,
b) Por tratarse de remodelaciones de inmuebles con o sin cambio de uso, que no permitan colocar la cantidad de estacionamientos requerida.

c) Proyectos o programas de densificación urbana.
d) Intervenciones en monumentos históricos o inmuebles de valor monumental.

e) En lotes de tamaño menor al lote normativo, que en la obra nueva no permita la colocación de parqueos para lograr su máxima coeficiente de construcción.

f) Otros, que estén contemplados en el Plan Urbano.

Artículo 64.- Los estacionamientos que deben considerarse son para automóviles y camionetas para el transporte de personas con hasta 7 asientos.

Para el estacionamiento de otro tipo de vehículos, es requisito efectuar los cálculos de espacios de estacionamiento y maniobras según sus características.

Artículo 65.- Se considera uso privado a todo aquel estacionamiento que forme parte de un proyecto de vivienda, servicios, oficinas y/o cualquier otro uso que demande una baja rotación. Las características a considerar en la provisión de espacios de estacionamientos de uso privado serán las siguientes:

a) Las dimensiones libres mínimas de un espacio de estacionamiento serán:

Cuando se coloquen:

- | | |
|--|--------------------------------|
| i) Tres o más estacionamientos continuos | : Ancho: 2,40 m cada uno |
| ii) Dos estacionamientos continuos | : Ancho: 2,50 m cada uno |
| iii) Estacionamientos individuales | : Ancho: 2,70 m cada uno |
| iv) En todos los casos | : Largo: 5,00 m Altura: 2,10 m |

b) Los elementos estructurales podrán ocupar hasta el 5% del ancho del estacionamiento, cuando este tenga las dimensiones mínimas.

c) La distancia mínima entre los espacios de estacionamiento opuestos o entre la parte posterior de un espacio de estacionamiento y la pared de cierre opuesta, será de 6 m.

d) En caso los espacios de estacionamiento se ubiquen frente a las rutas de ingreso o evacuación de las personas, esta área deberá declararse como Zona Rígida, no está permitido su uso como estacionamiento y el espacio de separación de la zona rígida, debe ser el mismo que el ancho útil calculado para la ruta de evacuación. Siempre y cuando el diseño de ruta de evacuación requiera el uso de esta zona rígida entre vehículos. Las veredas, dependiendo del ancho de las mismas pueden ser usadas para canalizar los flujos de evacuación.

e) Los estacionamientos dobles, es decir uno tras otro, se contabilizan para alcanzar el número de estacionamientos exigido en el plan urbano, pero constituyen una sola unidad inmobiliaria. En este caso, su longitud puede ser 9,50 m

f) No se deberán ubicar espacios de estacionamiento en un radio de 10 m de un hidrante ni a 3 m de una conexión de bomberos (siamesa de inyección).

Artículo 66.- Se considera uso público a todo aquel estacionamiento que sea utilizado en usos de Comercio (Centro comercial, supermercado, tienda por departamento,

conjunto de tiendas, tienda de mejoramiento del hogar) o cualquier otra categoría comercial que demande una alta rotación. Las características a considerar en la provisión de espacios de estacionamientos de uso público serán las siguientes:

a) Las dimensiones mínimas de un espacio de estacionamiento serán:

Cuando se coloquen:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1) Tres o más estacionamientos continuos | : Ancho: 2,50 m cada uno |
| 2) Dos estacionamientos continuos | : Ancho: 2,60 m cada uno |
| 3) Estacionamientos individuales | : Ancho: 3,00 m cada uno |
| 4) En todos los casos | : Largo: 5,00 m
Altura: 2,10 m |

b) Los elementos estructurales podrán ocupar hasta el 5% del ancho del estacionamiento, cuando este tenga las dimensiones mínimas.

c) La distancia mínima entre los espacios de estacionamiento opuestos o entre la parte posterior de un espacio de estacionamiento y la pared de cierre opuesta, será de 6,50 m.

d) Los espacios de estacionamiento no deben invadir, ni ubicarse frente a las rutas de ingreso o evacuación de las personas.

e) No se deberán ubicar espacios de estacionamiento en un radio de 10 m de un ni a 3 m de una conexión de bomberos (siamesa de inyección).

f) Deberá considerarse en el acceso y circulación, el ancho, altura y radio de giro de las unidades del Cuerpo de Bomberos

Artículo 67.- Las zonas destinadas a estacionamiento de vehículos deberán cumplir los siguientes requisitos:

a) El acceso y salida a una zona de estacionamiento podrá proponerse de manera conjunta o separada.

b) El ingreso de vehículos deberá respetar las siguientes dimensiones entre paramentos:

- | | |
|---|--|
| 1) Para 1 vehículo | : 2,70 m. |
| 2) Para 2 vehículos en paralelo | : 4,80 m. |
| 3) Para 3 vehículos en paralelo | : 7,00 m. |
| 4) Para ingreso a una zona de estacionamiento para menos de 40 vehículos | : 3,00 m. |
| 5) Para ingreso a una zona de estacionamiento con más de 40 vehículos hasta 300 vehículos | : 6 m o un ingreso y salida independientes de 3 m. cada una. |
| 6) Para ingreso a una zona de estacionamiento de 300 vehículos, a más | : 12 m o un ingreso doble de 6 m y salida doble de 6. |

c) Las puertas de los ingresos a estacionamientos podrán estar ubicadas en el límite de propiedad siempre que la apertura de la puerta no invada la vereda, de lo contrario deberán estar ubicadas a una distancia suficiente que permita la apertura de la puerta sin interferir con el tránsito de personas por la vereda.

d) Las rampas de acceso a sótanos, semi-sótanos o pisos superiores, deberán tener una pendiente no mayor a 15%. Los cambios entre planos de diferente pendiente deberán resolverse mediante curvas de transición

e) Las rampas deberán iniciarse a una distancia mínima de 3 m del límite de propiedad. En esta distancia el piso deberá ser horizontal al nivel de la vereda. En el caso de estacionamientos en semisótano, cuyo nivel superior del techo no sobrepase 1,50 m por encima del nivel de la vereda frente al lote la rampa de acceso al estacionamiento podrá iniciarse en el límite de propiedad.

f) Los accesos de vehículos a zonas de estacionamiento podrán estar ubicados en los retiros, siempre que la solución no afecte el tránsito de vehículos por la vía desde la que se accede.

g) El radio de giro de las rampas será de 5 m medidos al eje del carril de circulación vehicular.

Artículo 68.- El acceso a estacionamientos con más de 150 vehículos podrá cortar la vereda, para lo cual deberán contar con rampas a ambos lados.

Las veredas que deban ser cruzadas por los vehículos a zonas de estacionamiento individuales o con menos de 150 vehículos mantendrán su nivel en cuyo caso se deberá proveer de rampas para los vehículos en la berma, y donde no exista berma, fuera de los límites de la vereda.

Artículo 69.- La ventilación de las zonas de estacionamiento de vehículos, cualquiera sea su dimensión debe estar garantizada, de manera natural o mecánica.

Las zonas de estacionamiento con más de 20 vehículos en sótanos de un solo nivel, a nivel o en pisos superiores, que tengan o no encima una edificación de uso comercial o residencial, requerirán de ventilación natural suficiente para permitir la eliminación del monóxido de carbono emitido por los vehículos.

Las zonas de estacionamiento con más de 20 vehículos en sótanos a partir del segundo sótano, requieren de un sistema mecánico de extracción de monóxido de carbono, a menos que se pueda demostrar una eficiente ventilación natural. Los sistemas de extracción de monóxido, podrán también ser utilizados para la extracción de humos de incendio (sistemas de administración de humos) y en este caso la solución que predomina en el diseño, es la de administración de humos, y la altura de las tomas de extracción de monóxido deberán de ser ubicadas en la parte superior. No aplica lo indicado en la Norma EM.030 artículo 5 inciso 2.

El sistema de extracción deberá contar con ductos de salida de gases que no afecten las edificaciones colindantes.

(Firma)
DIRECCIÓN NACIONAL DE CONSTRUCCIÓN

(Firma)
DIRECCIÓN NACIONAL DE VIVIENDA

(Firma)
MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA

(Firma)
DIRECCIÓN NACIONAL DE URBANISMO

(Firma)
AMPE

(Firma)
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

(Firma)
COLEGIO DE ARQUITECTOS DEL PERÚ

(Firma)
CAPECO

NORMA A.130

REQUISITOS DE SEGURIDAD

GENERALIDADES

Artículo 1.- Las edificaciones, de acuerdo con su uso y número de ocupantes, deben cumplir con los requisitos de seguridad y prevención de siniestros que tienen como objetivo salvaguardar las vidas humanas y preservar el patrimonio y la continuidad de la edificación.

CAPITULO I SISTEMAS DE EVACUACIÓN

Artículo 2.- El presente capítulo desarrollará todos los conceptos y cálculos necesarios para asegurar un adecuado sistema de evacuación dependiendo del tipo y uso de la edificación. Estos son requisitos mínimos que deberán ser aplicados a las edificaciones.

Artículo 3.- Todas las edificaciones tienen una determinada cantidad de personas en función al uso, la cantidad y forma de mobiliario y/o el área de uso disponible para personas. Cualquier edificación puede tener distintos usos y por lo tanto variar la cantidad de personas y el riesgo en la misma edificación siempre y cuando estos usos estén permitidos en la zonificación establecida en el Plan Urbano.

El cálculo de ocupantes de una edificación se hará según lo establecido para cada tipo en las normas específicas A.020, A.030, A.040, A.050, A.060, A.070, A.080, A.090, A.100 y A.110.

En los tipos de locales en donde se ubique mobiliario específico para la actividad a la cual sirve, como butacas, mesas, maquinaria (cines, teatros, estadios, restaurantes, hoteles, industrias), deberá considerarse una persona por cada unidad de mobiliario.

La comprobación del cálculo del número de ocupantes (densidad), deberá estar basada en información estadística para cada uso de la edificación, por lo que los propietarios podrán demostrar aforos diferentes a los calculados según los estándares establecidos en este reglamento.

El Ministerio de Vivienda en coordinación con las Municipalidades y las Instituciones interesadas efectuarán los estudios que permitan confirmar las densidades establecidas para cada uso.

Artículo 4.- Sin importar el tipo de metodología utilizado para calcular la cantidad de personas en todas las áreas de una edificación, para efectos de cálculo de cantidad de personas debe utilizarse la sumatoria de todas las personas (evacuantes). Cuando exista una misma área que tenga distintos usos deberá utilizarse para efectos de cálculo, siempre el de mayor densidad de ocupación.

Ninguna edificación puede albergar mayor cantidad de gente a la establecida en el aforo calculado.

SUB-CAPITULO I PUERTAS DE EVACUACIÓN

Artículo 5.- Las salidas de emergencia deberán contar con puertas de evacuación de apertura desde el interior accionadas por simple empuje. En los casos que por razones de protección de los bienes, las puertas de evacuación deban contar con cerraduras con llave, estas deberán tener un letrero iluminado y señalizado que indique “Esta puerta deberá permanecer sin llave durante las horas de trabajo”.

Artículo 6.- Las puertas de evacuación pueden o no ser de tipo cortafuego, dependiendo su ubicación dentro del sistema de evacuación. El giro de las puertas deben ser siempre en dirección del flujo de los evacuantes, siempre y cuando el ambiente tenga más de 50 personas.

Artículo 7.- La fuerza necesaria para destrabar el pestillo de una manija (cerradura) o barra antipánico será de 15 libras. La fuerza para empujar la puerta en cualquier caso no será mayor de 30 libras fuerza.

Artículo 8.- Dependiendo del planteamiento de evacuación, las puertas que se ubiquen dentro de una ruta o como parte de una ruta o sistema de evacuación podrán contar con los siguientes dispositivos:

- a) Brazo cierra puertas: Toda puerta que forme parte de un cerramiento contrafuego incluyendo ingresos a escaleras de evacuación, deberá contar con un brazo cierra puertas aprobado para uso en puertas cortafuego
- b) En caso se tengan puertas de doble hoja con cerrajería de un punto y cierra puertas independientes, deberá considerarse un dispositivo de ordenamiento de cierre de puertas.
- c) Manija o tirador: Las puertas que no requieran barra antipánico deberán contar con una cerradura de manija. Las manijas para puertas de evacuación deberán ser aprobadas y certificadas para uso de personas con discapacidad.
- d) Barra antipánico: Serán obligatorias, únicamente para carga de ocupantes mayor a 100 personas en cualquier caso y en locales de reunión mayores de 50 personas, locales de Salud y áreas de alto riesgo con más de 5 personas. La altura de la barra en la puerta deberá estar entre 30” a 44”. Las barras antipánico requeridas en puertas con resistencia al fuego deben tener una certificación.

Artículo 9.- Cerraduras para salida retardada: Los dispositivos de salida retardada pueden ser utilizados en cualquier lugar excepto: áreas de reunión, centros educativos y edificaciones de alto riesgo, siempre y cuando la edificación se encuentre totalmente equipada con un sistema de rociadores y un sistema de detección y alarma de incendio adicionalmente deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- a) De producirse una alarma de incendio o una pérdida de energía hacia el dispositivo, debe eliminarse el retardo.
- b) El dispositivo debe tener la capacidad para ser desbloqueado manualmente por medio de una señal desde un centro de control.
- c) El pestillo de la barra de retardo deberá liberarse en un tiempo no mayor de quince segundos de aplicarse una fuerza máxima de 15 libras durante 1 segundo en la barra. Luego de abrirse el dispositivo solo podrá activarse (armar) nuevamente de forma manual.
- d) Debe instalarse un letrero con letras de 0.25 m de alto, a 0.30 m. sobre la barra de apertura, que indique “Presione la barra hasta que suene la alarma. La puerta se abrirá en 15 segundos.”
- e) La puerta de escape debe contar con iluminación de emergencia
- f) Los evacuantes de una edificación no podrán encontrar más de un dispositivo de retardo en toda la vía de evacuación.

Artículo 10.- Las Puertas Cortafuego tendrán una resistencia equivalente a $\frac{3}{4}$ de la resistencia al fuego de la pared, corredor o escalera a la que sirve y deberán ser a prueba de humo. Solo se aceptarán puertas aprobadas y certificadas para uso cortafuego. Todo los dispositivos como marco, bisagras cierra puertas, manija cerradura o barra antipánico que se utilicen en estas puertas deberán contar con una certificación de aprobación para uso en puertas cortafuego, de la misma resistencia de la puerta a la cual sirven.

Artículo 11.- En casos especiales cuando se utilicen mirillas, visores o vidrios como parte de la puerta o puertas íntegramente de vidrio deberán ser aprobadas y certificadas como dispositivos a prueba de fuego de acuerdo al rango necesario. Todas las puertas y marcos cortafuego deberán llevar en lugar visible el número de identificación; y rótulo de resistencia al fuego. Las puertas cortafuego deberán tener el anclaje del marco siguiendo las especificaciones del fabricante de acuerdo al material del muro.

SUB-CAPITULO II MEDIOS DE EVACUACIÓN

Artículo 12.- Los medios de evacuación son componentes de una edificación, destinados a canalizar el flujo de ocupantes de manera segura hacia la vía pública o a áreas seguras para su salida durante un siniestro o estado de pánico colectivo.

Artículo 13.- En los pasajes de circulación, escaleras integradas, escaleras de evacuación, accesos de uso general y salidas de evacuación, no deberá existir ninguna obstrucción que dificulte el paso de las personas, debiendo permanecer libres de obstáculos.

Artículo 14.- Deberán considerarse de forma primaria las evacuaciones horizontales en, Hospitales, clínicas, albergues, cárceles, industrias y para proporcionar protección a discapacitados en cualquier tipo de edificación.

Las evacuaciones horizontales pueden ser en el mismo nivel dentro de un edificio o aproximadamente al mismo nivel entre edificios siempre y cuando lleven a un área de refugio definidos por barreras contra fuego y humos.

El área de refugio a la cual esta referida el párrafo anterior, debe tener como mínimo una escalera cumpliendo los requerimientos para escaleras de evacuación.

Las áreas de refugio deben tener una resistencia al fuego de 1 hora para edificaciones de hasta 3 niveles y de 2 horas para edificaciones mayores de 4 niveles.

Artículo 15.- Se considerará medios de evacuación, a todas aquellas partes de una edificación proyectadas para canalizar el flujo de personas ocupantes de la edificación hacia la vía pública o hacia áreas seguras, como pasajes de circulación, escaleras integradas, escaleras de evacuación, accesos de uso general y salidas de evacuación.

Artículo 16.- Las rampas serán consideradas como medios de evacuación siempre y cuando la pendiente no sea mayor a 12%. Deberán tener pisos antideslizantes y barandas de iguales características que las escaleras de evacuación.

Artículo 17.- Solo son permitidos los escapes por medios deslizantes en instalaciones de tipo industrial de alto riesgo y sean aprobadas por la Autoridad Competente.

Artículo 18.- No se consideran medios de evacuación los siguientes medios de circulación:

- g) Ascensores
- h) Rampas de accesos vehiculares que no tengan veredas peatonales y/o cualquier rampa con pendiente mayor de 12%.
- i) Escaleras mecánicas
- j) Escalera tipo caracol: (Solo son aceptadas para riesgos industriales que permitan la comunicación exclusivamente de un piso a otro y que la capacidad de evacuación no sea mayor de cinco personas. Para casos de vivienda unifamiliar, son permitidas como escaleras de servicio y para edificios de vivienda solo se aceptan al interior de un duplex y con una extensión no mayor de un piso a otro).
- k) Escalera de gato

Artículo 19.- Los ascensores constituyen una herramienta de acceso para el personal del Cuerpo de Bomberos, por lo cual en edificaciones mayores de 10 niveles es obligatorio que todos los ascensores cuenten con:

- a) Sistemas de intercomunicadores
- b) Llave maestra de anulación de mando
- c) Llave de bombero que permita el direccionamiento del ascensor únicamente desde el panel interno del ascensor, eliminando cualquier dispositivo de llamada del edificio.

SUB-CAPITULO III CALCULO DE CAPACIDAD DE MEDIOS DE EVACUACIÓN

Artículo 20.- Para calcular el número de personas que puede estar dentro de una edificación en cada piso y área de uso, se emplearán las tablas de número de ocupantes que se encuentran en las normas A.20 a la A.110 según cada tipología.

La carga de ocupantes permitida por piso no puede ser menor que la división del área del piso entre el coeficiente de densidad, salvo en el caso de ambientes con mobiliario fijo o sustento expreso o estadístico de acuerdo a usos similares.

Artículo 21.- Se debe calcular la máxima capacidad total de edificio sumando las cantidades obtenidas por cada piso, nivel o área.

Artículo 22.- Determinación del ancho libre de los componentes de evacuación:

Ancho libre de puertas y rampas peatonales: Para determinar el ancho libre de la puerta o rampa se debe considerar la cantidad de personas por el área piso o nivel que sirve y multiplicarla por el factor de 0.005 m por persona. El resultado debe ser redondeado hacia arriba en módulos de 0.60 m.

La puerta que entrega específicamente a una escalera de evacuación tendrá un ancho libre mínimo medido entre las paredes del vano de 1.00 m.

Ancho libre de pasajes de circulación: Para determinar el ancho libre de los pasajes de circulación se sigue el mismo procedimiento, debiendo tener un ancho mínimo de 1.20 m. En edificaciones de uso de oficinas los pasajes que aporten hacia una ruta de escape interior y que reciban menos de 50 personas podrán tener un ancho de 0.90 m.

Ancho libre de escaleras: Debe calcularse la cantidad total de personas del piso que sirven hacia una escalera y multiplicar por el factor de 0.008 m por persona.

Artículo 23.- En todos los casos las escaleras de evacuación no podrán tener un ancho menor a 1.20 m.

Cuando se requieran escaleras de mayor ancho deberá instalarse una baranda por cada dos módulos de 0,60 m. El número mínimo de escalera que requiere una edificación se establece en la Norma A.010 del presente Reglamento Nacional de Edificaciones.

Artículo 24.- El factor de cálculo de centros de salud, asilos, que no cuenten con rociadores será de 0.015 m por persona en escaleras y de 0.013 m por persona, para puertas y rampas.

Artículo 25.- Los tiempos de evacuación solo son aceptados como una referencia y no como una base de cálculo. Esta referencia sirve como un indicador para evaluar la eficiencia de las evacuaciones en los simulacros, luego de la primera evacuación patrón.

Artículo 26.- La cantidad de puertas de evacuación, pasillos, escaleras está directamente relacionado con la necesidad de evacuar la carga total de ocupantes del edificio y teniendo adicionalmente que utilizarse el criterio de distancia de recorrido horizontal de 45.0 m para edificaciones sin rociadores y de 60.0 m para edificaciones con rociadores.

Para riesgos especiales se podrán sustentar distancias de recorrido mayor basado en los requisitos adicionales que establece el Código NFPA 101.

Artículo 27.- Para calcular la distancia de recorrido del evacuante deberá ser medida desde el punto más alejado del recinto hasta el ingreso a un medio seguro de evacuación. (Puerta, pasillo, o escalera de evacuación protegidos contra fuego y humos)

Artículo 28.- Para centros comerciales o complejos comerciales, mercados techados, salas de espectáculos al interior de los mismos, deberán considerarse los siguientes criterios de evacuación:

- a) Las tiendas por departamentos, Supermercados y Sala de Espectáculos, no deben aportar evacuantes al interior del centro comercial o complejo comercial cuando no consideren un pasadizo protegido contra fuego entre la tienda por departamentos y las tiendas menores, de manera que colecte la evacuación desde la puerta de salida de la tienda por departamentos al exterior del centro comercial. Caso contrario deberán ser autónomas en su capacidad de evacuación.
- b) Deben tener como mínimo los siguientes requerimientos de evacuación.
 - Número de ocupantes mayores de 500 y no más de 1000 personas No menos de 3 salidas
 - Número de ocupantes mayor de 1000 personas No menos de 4 salidas
- c) Los centros comerciales, complejos comerciales, tiendas por departamento o similares no podrán evacuar mas del 50% del número de ocupantes por una misma salida.

- d) Es permitido el uso de propagandas, mostradores, puntos de ventas en los ingresos siempre y cuando, estos no invadan el ancho requerido de evacuación, que no es equivalente al ancho disponible. Dichos elementos deberán estar convenientemente anclados con el fin de evitar que se conviertan en una obstrucción durante la evacuación.
- e) En tiendas por departamentos, mercados techados, supermercados, con un área comercial mayor a 2800 m² por planta, deberá tener por lo menos un pasadizo de evacuación con un ancho no menor a 1.50 m.

SUB-CAPITULO IV

REQUISITOS DE LOS SISTEMAS DE PRESURIZACIÓN DE ESCALERAS

Artículo 29.- El ventilador y el punto de toma de aire deben ubicarse en un área libre de riesgo de contaminación por humos, preferentemente en el exterior o azotea de la edificación.

Artículo 30.- No es permitida la instalación del ventilador en sótanos o lugares cerrados, donde un incendio adyacente pueda poner en riesgo la extracción de aire, cargando la escalera de humo. El sistema debe contar con inyección de aire para cada piso. La diferencia de presión mínima de diseño entre el interior y el exterior de la caja de la escalera debe ser de 0.05 pulgadas de columna de agua y el máximo de 0.45 pulgadas de columna de agua para edificios protegidos al 100% con rociadores.

Artículo 31.- El cálculo para el diseño de la escalera se debe realizar teniendo en cuenta como mínimo la puerta de salida en el nivel de evacuación y puertas adicionales dependiendo del numero de pisos, cantidad de personas evacuando, u otra condición que obligue a considerar una puerta abierta por un tiempo prolongado. La máxima fuerza requerida para abrir cada una de las puertas de la caja de la escalera no deberá exceder las 30 lbf.

Artículo 32.- La succión y descarga de aire de los sopladores o ventiladores debe estar dotada de detectores de humo interconectados con el sistema de detección y alarmas del edificio de tal manera que se detenga automáticamente en caso de que ingrese humo por el rodete. El ventilador deberá ser activado automáticamente ante la activación de cualquier dispositivo del sistema de detección y alarma. Como mínimo deberá activarse por medio de detectores de humo ubicados en cada acceso a las escaleras de escape a no menos de 3.0 m de las puertas de escape.

Artículo 33.- La interconexión con el sistema de alarmas y detección (cables) debe tener una protección cortafuego para mínimo 2 horas.

Artículo 34.- La alimentación de energía para los motores del ventilador debe contar con dos fuentes independientes, de transferencia automática. Las rutas de dichos suministros deben ser independientes y protegidos contrafuego por 2 horas. La transferencia de la fuente de alimentación primaria a la secundaria se debe realizar dentro de los 30 segundos posteriores a la falla de fuente primaria. Se debe separar la llave de control de los motores de presurización de forma que el contactor general no actúe sobre esta alimentación. Todos los cables de suministro eléctrico desde el tablero de alimentación hasta la entrada a motor del ventilador deben contar con una protección cortafuego para mínimo 2 horas.

Artículo 35.- El ventilador deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Listado o equivalente.
- b) Preferentemente del tipo centrífugo radial.
- c) En el caso de que el ventilador sea impulsado por medio de fajas el número de estas debe ser cuando menos 1.5 veces el número de fajas requeridas para el servicio de diseño.
- d) Todo ventilador impulsado por medio de fajas debe tener cuando menos dos fajas
- e) Los cálculos para la selección y la curva del fabricante deben formar parte de los documentos entregados.
- f) Bajo ningún motivo el motor operará por encima de la potencia de placa. La potencia de trabajo se determinará mediante una medición de campo con tres puertas abiertas.
- g) El motor impulsor debe tener cuando menos un factor de servicio de 1.15
- h) El ventilador debe contar con guardas protectoras para las fajas.
- i) El ventilador debe contar con una base para aislar vibraciones.

Artículo 36.- Los dampers y los ductos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Los dampers deben ser listados según UL 555S.
- b) Los rodamientos de los dampers deben ser auto lubricados o de bronce.
- c) Las hojas deben ser galvanizadas
- d) Los ductos pueden ser de hierro, acero, aluminio, cobre, concreto, baldosas o mampostería según sea el caso.
- e) Cuando los ductos se encuentren expuestos dentro del edificio deberán tener un cerramiento contrafuego de 2 horas.

CAPITULO II SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

Artículo 37.- La cantidad de señales, los tamaños, deben tener una proporción lógica con el tipo de riesgo que protegen y la arquitectura de la misma. Las dimensiones de las señales deberán estar acordes con la NTP 399.010-1 y estar en función de la distancia de observación.

Artículo 38.- Los siguientes dispositivos de seguridad no son necesarios que cuenten con señales ni letreros, siempre y cuando no se encuentren ocultos, ya que de por si constituyen equipos de forma reconocida mundialmente, y su ubicación no requiere de señalización adicional. Como son:

- a) Extintores portátiles
- b) Estaciones manuales de alarma de incendios
- c) Detectores de incendio
- d) Gabinetes de agua contra incendios
- e) Válvulas de uso de Bomberos ubicadas en montantes
- f) Puertas cortafuego de escaleras de evacuación
- g) Dispositivos de alarma de incendios

Artículo 39.- Todos los locales de reunión, edificios de oficinas, hoteles, industrias, áreas comunes en edificios de vivienda deberán estar provistos obligatoriamente de señalización a lo largo del recorrido así como en cada medio de evacuación, de acuerdo con la NTP 399-010-1, para su fácil identificación; además de cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Todas las puertas a diferencia de las puertas principales y que formen parte de la ruta de evacuación deberá estar señalizadas con la palabra SALIDA, de acuerdo a NTP 399-010-1
- b) En cada lugar donde la continuidad de la ruta de evacuación no sea visible, se deberá colocar señales direccionales de salida.
- c) Se colocará una señal de NO USAR EN CASOS DE EMERGENCIA en cada uno de los ascensores, ya que no son considerados como medios de evacuación.
- d) Cada señal deberá tener una ubicación tamaño y color distintivo y diseño que sea fácilmente visible y que contraste con la decoración.
- e) Las señales no deberán ser obstruidas por maquinaria, mercaderías, anuncios comerciales, etc.
- f) Deberán ser instaladas a una altura que permita su fácil visualización.
- g) Deberán tener un nivel de iluminación natural o artificial igual a 50 lux.
- h) El sistema de señalización deberá funcionar en forma continua o en cualquier momento que se active la alarma del edificio.

Artículo 40.- Todos los medios de evacuación deberán ser provistos de iluminación de emergencia que garanticen un periodo de 1 ½ hora en el caso de un corte de fluido eléctrico y deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Asegurar un nivel de iluminación mínimo de 10 lux medidos en el nivel del suelo.
- b) En el caso de transferencia de energía automática el tiempo máximo de demora deberá ser de 10 segundos.
- c) La iluminación de emergencia deberá ser diseñada e instalada de manera que si falla una bombilla no deje áreas en completa oscuridad.
- d) Las conexiones deberán ser hechas de acuerdo al CNE Tomo V Art. 7.1.2.1
- e) El sistema deberá ser alimentado por un circuito que alimente normalmente el alumbrado en el área y estar conectado antes que cualquier interruptor local, de modo que se asegure que ante la falta de energía en el área se enciendan las luces.

Artículo 41.- Las salidas de evacuación en establecimientos con concurrencia de público deberán contar con señales luminosas colocadas sobre el dintel de del vano.

Las rutas de evacuación contarán con unidades de iluminación autónomas con sistema de baterías, con una duración de 60 minutos, ubicadas de manera que mantengan un nivel de visibilidad en todo el recorrido de la ruta de escape.

CAPITULO III PROTECCION DE BARRERAS CONTRA EL FUEGO

Artículo 42.- Clasificación de estructuras por su resistencia al fuego
Para clasificarse dentro del tipo "resistentes al fuego", la estructura, muros resistentes y muros perimetrales de cierre de la edificación, deberán tener una resistencia al fuego mínima de 4 horas, y la tabiquería interior no portante y los techos, una resistencia al fuego mínima de 2 horas.

Artículo 43.- Para clasificarse dentro del tipo "semiresistentes al fuego", la estructura, muros resistentes y muros perimetrales de cierre de la edificación deberán tener una resistencia al fuego mínima de 2 horas, y la tabiquería interior no portante y techos, una resistencia al fuego mínima de 1 hora.

Artículo 44.- Para clasificarse dentro del tipo “incombustible con protección”, los muros perimetrales de cierre de la edificación deberá tener una resistencia al fuego mínima de 2 horas, y la estructura muros resistentes, techos y tabiquería interior, una resistencia al fuego mínima de 1 hora.

Artículo 45.- La estructura de las construcciones con elementos de madera del “tipo combustible de construcción pesada” se reputara que tiene duración bajo la acción del fuego de una hora.

Artículo 46.- Estructuras clasificadas por su Resistencia al fuego

- a) Construcciones de muros portantes.
- b) Construcciones aporricadas de concreto.
- c) Construcciones especiales de concreto.
- d) Construcciones con elementos de acero,

Artículo 47.- Estructuras no clasificadas por su resistencia al fuego

- a) Construcciones con elementos de madera de la clasificación combustible de la construcción ordinaria.
- b) Construcciones con elementos de acero, de la clasificación sin protección.
- c) Las construcciones de adobe o suelo estabilizado con parámetros y techos ligeros.

TABLA N° 1

TABLAS DE RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS DE PROTECCION AL FUEGO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ELEMENTOS ESTRUCTURALES PROTEGIDOS	MATERIAL AISLANTE	RECUBRIMIENTO MÍNIMO POR MATERIAL AISLANTE (EN PULGADAS) CATEGORIAS		
		Resistencia al Fuego (6 Hrs)	Semi Resist. al Fuego (6 Hrs)	Incombust. Con Protección (1 Hrs)
Armaduras en vigas y columnas de concreto armado.	Concreto Estructural	1 1/2	1 ½	1 1/2
Armadura en viguetas de concreto	Concreto estructural	1 1/4	1	3/4
Armaduras y amarres en losas de pisos y techos	Concreto estructural	1	¾	3/4
Columnas de acero y todos los elementos de tijerales principales	Concreto estructural	2 1/2	1 ½	1
Elementos de 6 x 6	Concreto estructural	2	1	1
Elementos de 6 x 8	Concreto estructural	1 1/2	1	1
Elementos de 12 x 12	Concreto estructural	2	1	1

Vigas de acero Tendones en vigas pre o post esforzadas	Concreto estructural	4	2 ½	1 1/2
Tendones en placas pre o post esforzadas	Concreto estructural		1 ½	1

Este espesor se protegerá contra descascaramiento con estribos con espaciamiento no mayor al peralte del elemento, debiendo estos estribos tener un recubrimiento neto de 1 pulgada.

Artículo 48.- Clasificación de los pisos o techos por su resistencia al fuego.

TABLA N° 2

**TABLAS DE ESPESORES MÍNIMOS PARA PROTECCION AL FUEGO EN PISOS,
TECHOS Y CIELO RASO**

CONSTRUCCION DE PISOS O TECHOS	CONSTRUCCION DE CIELO RASO	ESPESOR MÍNIMO TOTAL EN PULGADAS CATEGORIAS		
		Resistencia al Fuego (4 Hrs)	Semi Resist. al Fuego (2 Hrs)	Incombust. Con Protección (1 Hrs)
Losa de concreto.	Ninguno	6 1/2	4 1/2	3 1/2
Losa de concreto.	Enlucido de yeso o mortero contra el fondo del techo	6	4	3
Aligerado de viguetas de concreto estructural y ladrillo hueco de techos	Enlucido de yeso o mortero contra el fondo del techo		6" de ladrillo y 2" de losa	
Aligerado de viguetas de concreto estructural y ladrillo hueco de techos	Ninguno			5 ½ (4" de ladrillo 1 ½" de losa)
Viguetas de concreto	Cielo raso suspendido de vermicurita de 1" de espesor mínimo colgado 6" debajo de las viguetas	3 (sólo losa)	2 (sólo losa)	
Viguetas de acero con losa de concreto	Cielo raso enlucido en malla incombustible asegurada contra el fondo de las viguetas de espesor mínimo 5/8" y mortero 1:3		2 ¼" (sólo losa)	2" (sólo losa) Combustible e Construcción pesada

Artículo 49.- Clasificación de las paredes y tabiques por su resistencia al fuego:

TABLA N° 3
TABLAS DE ESPESORES MÍNIMOS PARA PROTECCION AL FUEGO EN
PAREDES Y TABIQUES

MATERIALES DE PAREDES O TABIQUES	CONSTRUCCION	ESPESOR MÍNIMO TOTAL EN PULGADAS CATEGORIAS		
		Resistencia al Fuego (4 Hrs)	Semi Resist. al Fuego (2 Hrs)	Incombust. Con Protección (1 Hrs)
Concreto armado	Sólido sin enlucir	6 1/2	4 1/2	3 1/2
Ladrillos de arcilla cocida calcáreos o de:	Ladrillos sólidos sin enlucir	8	6	4
Bloques huecos de concreto	Espesor mínimo de cascarón 2 1/4" sin enlucir	8		
	Espesor mínimo de cascarón 1 3/4" sin enlucir	12		
	Espesor mínimo de cascarón 1 3/8" sin enlucir		8	6
Ladrillos huecos de arcilla cocida, no portantes	Dos celdas mínimo dentro del espesor de la pared, enlucido en ambas caras		7	5
	Tres celdas mínimo dentro del espesor de la pared, enlucido en ambas caras	12		
Bloqueo	Enlucido o sin enlucir	6	4	3
Tabique sólido de mortero o yeso	Armazón interno incombustible			2
Paneles de yeso prensado				2

Artículo 50.- Cuando se requieran instalar selladores cortafuego, deberá presentarse un proyecto específico para tal fin, indicando los tipos, formas y materiales que atraviesan el cerramiento cortafuego.

Artículo 51.- Solo se pueden utilizar materiales selladores, de acuerdo a la configuración que cada fabricante haya sometido a pruebas y que la composición del conjunto a proteger se encuentre descritos en el directorio de UL vigente.

CAPITULO IV

SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS

Artículo 52.- La instalación de dispositivos de Detección y Alarma de incendios tiene como finalidad principal, indicar y advertir las condiciones anormales, convocar el auxilio adecuado y controlar las facilidades de los ocupantes para reforzar la protección de la vida humana.

La Detección y Alarma se realiza con dispositivos que identifican la presencia de calor o humo y a través, de una señal perceptible en todo el edificio protegida por esta señal, que permite el conocimiento de la existencia de una emergencia por parte de los ocupantes.

Artículo 53.- Todas las edificaciones que deban ser protegidas con un sistema de detección y alarma de incendios, deberán cumplir con lo indicado en esta Norma y en el estándar NFPA 72 en lo referente a diseño, instalación, pruebas y mantenimiento.

Artículo 54.- Los equipos que se estandarizan en esta norma no pueden ser variados, en ninguna otra regulación. Los sistemas de detección y alarma de incendios deberán contar con supervisión constante en el área a la cual protegen, con personal entrenado en el manejo del sistema.

Los sistemas que reporten las señales de alarma, supervisión y avería hacia lugares fuera de la propiedad protegida, atendidos de manera continua y que brindan el servicio de monitoreo no será necesario que cuenten con supervisión constante en el área protegida.

Artículo 55.- Todo sistema de detección y alarma de incendios, deberá contar con dos fuentes de suministro de energía, de acuerdo con el CNE Tomo V, Capítulo 7. Los circuitos, cableados y equipos deberán encontrarse protegidos de daños por corrientes inducidas de acuerdo a lo establecido en el CNE.

Artículo 56.- Los sistemas de detección y alarma de incendios, deberán interconectarse de manera de controlar, monitorear o supervisar a otros sistemas de protección contra incendios o protección a la vida como son:

- a) Dispositivos de detección de incendios
- b) Dispositivos de alarma de incendios
- c) Detectores de funcionamiento de sistemas de extinción de incendios.
- d) Monitoreo de funcionamiento de sistemas de extinción de incendios.
- e) Válvulas de la red de agua contra incendios.
- f) Bomba de agua contra incendios.
- g) Control de ascensores para uso de bomberos
- h) Desactivación de ascensores
- i) Sistemas de presurización de escaleras.
- j) Sistemas de administración de humos
- k) Liberación de puertas de evacuación
- l) Activación de sistemas de extinción de incendios.

Artículo 57.- Los dispositivos de alarmas acústicas deben ser audibles en la totalidad del local, y podrán ser accionados en forma automática por los detectores, puesto de control o desde los pulsadores distribuidos en la edificación. Esta instalación de alarma audible deberá complementarse con adecuadas señales ópticas, cuando así lo requieran las características de los ocupantes del mismo.

Artículo 58.- Los dispositivos de detección de incendios automáticos y manuales, deberán ser seleccionados e instalados de manera de minimizar las falsas alarmas.

Cuando los dispositivos de detección se encuentren sujetos a daños mecánicos o vandalismo, deberán contar con una protección adecuada y aprobada para el uso.

Artículo 59.- Los dispositivos de detección de incendios deberán estar instalados de forma tal que se encuentren sostenidos de forma independiente de su fijación a los conductores de los circuitos. Los dispositivos de detección de incendios deberán ser accesibles para el mantenimiento y pruebas periódicas.

Artículo 60.- Únicamente es permitida la instalación de detectores de humo de estación simple (detectores a pilas), para usos en edificaciones residenciales y al interior de las viviendas.

Artículo 61.- Para la selección y ubicación de los dispositivos de detección de incendios deberá tomarse en cuenta las siguientes condiciones:

- a) Forma y superficie del techo.
- b) Altura del techo.
- c) Configuración y contenido del área a proteger.
- d) Características de la combustión de los materiales presentes en el área protegida.
- e) Ventilación y movimiento de aire.
- f) Condiciones medio ambientales

Artículo 62.- Los dispositivos de detección de incendios deberán ser instalados de acuerdo a las indicaciones del fabricante y las buenas prácticas de ingeniería. Las estaciones manuales de alarma de incendios deberán ser instaladas en las paredes a no menos de 1.10 m ni a más de 1.40 m.

Artículo 63.- Las estaciones manuales de alarma de incendios deberán distribuirse en la totalidad del área protegida, libre de obstrucciones y fácilmente accesible.

Deberán instalarse estaciones manuales de alarma de incendios en el ingreso a cada una de las salidas de evacuación de cada piso.

Se adicionarán estaciones manuales de alarma de incendios de forma que la máxima distancia de recorrido horizontal en el mismo piso, hasta la estación manual de alarma de incendios no supere los 60.0 m.

Artículo 64.- Únicamente será obligatoria la señalización de las estaciones manuales de alarma de incendios que no sean claramente visibles y por exigencia de la Autoridad Competente.

Artículo 65.- Cuando se instalen cobertores en las estaciones manuales de alarma de incendios, con el fin de evitar falsas alarmas o para protección del medio ambiente, estos deben ser aprobados para el uso por la Autoridad Competente